عالم المعرفة

172

الذكاء الاصطناعي

واقعه ومستقبله

تأليف: آلان بونيه

ترجمة: علي صبري فرغلي

سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت

عالم المعرفة

سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب ـ الكويت

صدرت السلسلة في يناير 1978 بإشراف أحمد مشاري العدواني 1923 ـ 1990

172

الذكاء الاصطناعي

واقعه ومستقبله

تأليف: آلان بونيه

ترجمة: د. علي صبري فرغلي

إبريل 1993

المواد المنشورة في هذه السلسلة تعبر عن رأي كاتبها
ولا تعبر بالضرورة عن رأي المجلس

المواد المنشورة في هذه السلسلة تعبر عن رأي كاتبها
ولا تعبر بالضرورة عن رأي المجلس

المحتوى

المحتوى
المحتوى
المحتوى

المحتوى

مقدمه المترجم

يقدم هذا الكتاب علم الذكاء الاصطناعي إلى القارئ العربي، وهو أحد العلوم التي نتجت عن الثورة التكنولوجية المعاصرة. والبحث في الذكاء الاصطناعي عمل جماعي بالدرجة الأولى يحتم تعاون علماء ومتخصصين من مجالات مختلفة كالحاسب الآلي، وعلم اللغة، والمنطق، والرياضيات، وعلم النفس. وهذا الكتاب موجه إلى هؤلاء جميعا، وإلى القارئ المثقف الراغب في بذل الجهد لفهم هذا العلم الجديد.

يتكون الكتاب من عشرين فصلا موزعة على خمسة أقسام: يرسم القسم الأول منها فكرة عامة عن الذكاء الاصطناعي وأهدافه ومبادئه الأساسية، ويناقش بإيجاز بعض الجوانب التي يتعرض لها في باقي الكتاب بتفصيل أكبر. وفي القسم الثاني يعرض لمعالجة اللغات الطبيعية في سبعة فصول، ويجمع فيها بين النظرة التاريخية والإشكالية الرئيسة، ومعالجة النصوص المكتوبة، وتحليل وتخليق الكلام المنطوق وفهم النصوص اللغوية. وفي القسم الثالث يشرح تقنية تمثيل المعرفة، ويعرض لأساليب وطرق مختلفة بالشرح والنقد والتحليل مع إعطاء الأمثلة الواضحة في جميع الأوقات. وفي القسم الرابع يتناول موضوع الأنظمة الخبيرة محددا خصائصها وإشكاليتها، كما يعرض لنماذج منها في مجالات متعددة كالطب، والتنقيب عن النفط والمعادن... الخ. ويعرض في القسم الخامس

والأخير لموضوع التعليم والتعلم باستخدام الحاسب وما يمكن أن يقدمه الذكاء الاصطناعي في هذا الميدان، ويحدد المؤلف رؤيته لمستقبل الذكاء الاصطناعي في الفصل العشرين، ويوضح ما يمكن توقع إنجازه في المدى القصير وما يبدو بعيد الأمد.

وقد رأيت ترجمة هذا الكتاب بالذات لسببين: أولا: لأنه يخاطب القارئ المثقف، فهو لا يفترض خلفية معينة سواء في الحاسب الآلي أو علم اللغة أو غيرها، ورغم ذلك يجد المتخصص فيه مادة جادة خالية من التبسيط المخل، بل ويطرح كثيرا من القضايا النظرية الجوهرية في الذكاء الاصطناعي كطرق تمثيل المعرفة، والعلاقة بين الخبير البشري وعالم المعلومات، وتقويم فعالية الأنظمة الخبيرة، والمعرفة الإجرائية والمعلنة.. الخ. ولهذا ليس غريبا أن يترجم هذا الكتاب من الفرنسية إلى الإنجليزية فور نشرة رغم وجود الكثير من الكتب حول هذا الموضوع بالإنجليزية. وثانيا: لأنه يركز على موضوعين اثنين لهما-في رأي-أهمية خاصة للعالم العربي، وهما معالجة اللغات الطبيعية والأنظمة الخبيرة. فقد اكتسبت المعالجة الآلية للغة العربية اهتماما متزايدا من الباحثين العرب في السنوات الأخيرة وخاصة منذ منتصف الثمانينات، فقد تم عقد العديد من المؤتمرات في الكويت والمغرب وتونس والقاهرة ودمشق حول هذا الموضوع، وعرض كثير من العلماء العرب نتائج أبحاثهم الأولية في هذا الموضوع الحيوي. كما اهتمت كثير من شركات الحاسب بالوطن العربي بمعالجة اللغة العربية ومنها شركة العالمية والمراكز العلمية لشركة «آي. بي. أم» مما يعكس إدراكا بالأهمية البالغة لتطويع الحاسب للغة العربية، ولأهمية استخدام الحاسب لترجمة الكم الهائل من المعلومات التي تنشر يوميا باللغات الأخبية، ولتوحيد المصطلحات العربية، ولفهم وتلخيص النصوص العربية. ويتناول القسم الثاني من هذا الكتاب معالجة اللغات الطبيعية بالتفصيل وبشكل علمي سليم ويطرح قضايا نظرية هامة كأهمية التحليل الدلالي في معالجة اللغات الطبيعية، ودور قواعد المعرفة في فهم اللغات وإشكالية تحليل الكلام... إلخ. ولا شك أن الأفكار المطروحة في الكتاب ستكون ذات فائدة للبحث في هذا المجال. وموضوع الأنظمة الخبيرة له أهمية خاصة، فمن المعروف أن العالم العربي يعاني، شأنه شأن بقية العالم الثالث، من هجرة العقول، ونقص الخبراء. وهنا

تبرز أهمية تقنية الأنظمة الخبيرة على المستوى الاقتصادي والعلمي، فهي تحفظ خبرة العلماء في شكل برامج متاحة بسهولة، كما يمكن دائما تطويرها وتجديدها. وبالتالي لا تضيع خبرة ومعرفة الخبير البشري بوفاته أو هجرته إلى بلد آخر، أو عجزه عن العمل، بل تظل محفوظة كبرامج للحاسب يمكن استشارتها كلما دعت الحاجة. وهو يمكن أن يوفر مثلا خبرة الطبيب الأخصائي في الريف بينما هو موجود فعلا في المدينة.

ونحن نأمل بتوفير مثل هذا الكتاب للقارئ العربي أن يزداد عدد المهتمين بالذكاء الاصطناعي، وأن يتجه العديد من العلماء الشبان، خاصة علماء الإنسانيات، إلى البحث العلمي الدؤوب في هذا المجال، وتسخيره لخدمة احتياجات أمتنا العربية الملحة والعاجلة. كما نأمل أيضا ألا يقتصر اهتمامهم على النواحي التطبيقية-كما هو حادث الآن-بل يتعداها إلى القضايا النظرية الملحة في الذكاء الاصطناعي وانعكاساتها على باقي العلوم، حتى نتجاوز النقل والاستهلاك إلى الإبداع والمساهمة في تطوير هذا العلم.

المترجم

علي فرغلي

الكويت في 3 أغسطس 1989 م

القسم الأول
مقدمة

1 الأهداف والمفاهيم الأساسية للذكاء الاصطناعي

يهدف علم الذكاء الاصطناعي إلى فهم طبيعة الذكاء الإنساني عن طريق عمل برامج للحاسب الآلي قادرة على محاكاة السلوك الإنساني المتسم بالذكاء. وتعني قدرة برنامج الحاسب على حل مسألة ما، أو اتخاذ قرار في موقف ما-بناء على وصف لهذا الموقف-أن البرنامج نفسه يجد الطريقة[1] التي يجب أن تتبع لحل المسألة، أو للتوصل إلى القرار بالرجوع إلى العديد من العمليات الاستدلالية المتنوعة التي غذي بها البرنامج. ويعتبر هذا نقطة تحول هامة تتعدى ما هو معروف باسم «تقنية المعلومات» التي تتم فيها العملية الاستدلالية عن طريق الإنسان، وتنحصر أهم أسباب استخدام الحاسب في سرعته الفائقة.

ورغم أننا لا نستطيع أن نعرف الذكاء الإنساني بشكل عام فإنه يمكن أن نلقي الضوء على عدد من المعايير التي يمكن الحكم عليه من خلالها. ومن تلك المعايير القدرة على التعميم والتجريد، التعرف على أوجه الشبه بين المواقف المختلفة، والتكيف مع المواقف المستجدة، واكتشاف الأخطاء

وتصحيحها لتحسين الأداء في المستقبل.... الخ. وكثيرا ما قرن الذكاء الاصطناعي خطأ بالسبرانية Cybemetics التي تختص بالخصائص الرياضية لأنظمة التغذية الراجعة، وتنظر إلى الإنسان كأنه جهاز آلي، بينما يهتم علم الذكاء الاصطناعي بالعمليات المعرفية التي يستخدمها الإنسان في تأدية الأعمال التي نعدها ذكية. وتختلف هذه الأعمال اختلافا بينا في طبيعتها، فقد تكون فهم نص لغوي منطوق أو مكتوب، أو لعب الشطرنج أو «البريدج»، أو حل لغز، أو مسألة رياضية، أو كتابة قصيدة شعرية، أو القيام بتشخيص طبي، أو الاستدلال على طريق للانتقال من مكان إلى آخر. ويبدأ الباحث في علم الذكاء الاصطناعي عمله أولا باختيار أحد الأنشطة المتفق على أنها «ذكية»[2]، ثم يضع بعض الفروض عما يستخدمه الإنسان لدى قيامه بهذا النشاط من معلومات واستدلالات، ثم يدخل هذه في برنامج للحاسب الآلي، ثم يقوم بملاحظة سلوك هذا البرنامج. وقد تؤدي ملاحظة البرنامج إلى اكتشاف أوجه القصور فيه مما ينفي إلى إدخال تعديلات وتطوير في أسسه النظري، وبالتالي في البرنامج نفسه، ويؤدي هذا بدوره إلى سلوك مختلف للبرنامج، وما يستتبعه من ملاحظة وتطوير... وهكذا.

ويغلب على المسائل التي يتناولها الذكاء الاصطناعي «التفجر التجميعي Combinatory explosion:[3] ويعني هذا أن عدد الاحتمالات التي يجب النظر فيها كبير جدا لدرجة أنه لا يمكن التوصل إلى الحل الأمثل-إن وجد- بعمليات البحث المباشر، لأن عملية البحث تأخذ وقتا طويلا جدا، أو لأنها تتطلب ذاكرة كبيرة جدا تفوق سعة ذاكرة الحاسب أو الإنسان، فقد قدرت مثلا النقلات المكنة[4] لقطع الشطرنج في دور واحد بحوالي 10 أس 120، من الواضح استحالة فحص المجموعة الكاملة لهذه النقلات، أو تخزينها بالحاسب مصحوبة بتقدير لمدى ملاءمة كل منها. وفي الواقع يوجد فرق أساسي بين عالم الرياضيات والمشتغل بالذكاء الاصطناعي في هذا الصدد. فبينما يسعى عالم الرياضيات لإثبات أن هناك حلا للمسألة التي يبحثها (أو أنه لا حل)، ولا يعني بالوسائل الممكن اتباعها للوصول إلى الحل، نجد بالمقابل أن المشتغل بالذكاء الاصطناعي يبحث عن حل للمسألة قد لا يكون هو الحل الصحيح، أو الأمثل تماما، ولكنه مقبول لدى أي من المهتمين بالمسألة، ولا يتطلب وقتا أطول من اللازم، ويمكن الاهتداء إليه في ظروف

الواقع الحقيقية التي فد لا تتوفر فيها جميع المعلومات المطلوبة لحل المسألة. لنأخذ مثلا لعبة «العقد الجبار» Master Mind.

يهدف عالم الرياضيات إلى إثبات أن هناك خوارزما algorithm للتوصل إلى حل للعبة في عدد من الخطوات لا يزيد مثلا عن سبع خطوات، بينما يستخدم المشتغل بالذكاء الاصطناعي كل مهارته لوضع برنامج لحل مبني على طرق استدلال سليمة، أما عدد الخطوات التي يتطلبها الحل فليس لها الدرجة الأولى من الأهمية. فالاتجاه السائد في الذكاء الاصطناعي هو أن مبادئ التنظيم الجيدة أهم من سرعة الحساب، والرياضيات يبرز دورها على المستوى المنطقي. ورغم أن أكثر فروع المنطق وضوحا في أذهان الباحثين هو المنطق الاستنباطي deductive logic, فمن المؤكد أنه أقل أهمية من المنطق الاستقرائي أو الاستدلالي inductive or inferential logic في معظم أنشطتنا المتعلقة بالذكاء.

وسنستخدم في هذا الكتاب اصطلاح «الاستدلال» inference للتعبير عن فكرتي الاستقراء والاستنباط. وإلى جانب هذا الاستخدام للرياضيات على المستوى المنطقي، سنستخدمها أيضا-على مستوى أولي إلى حد ما-من أجل الحصول على تقديرات لسعة الذاكرة ووقت المعالجة اللازمين للتوصل إلى حل مسألة ما. وسنحاول في بقية هذا الجزء التمهيدي توضيح ملامح برامج الذكاء الاصطناعي بشكل عام. وستكون المعايير التي نقدمها مرتبطة، من جهة، بأنواع المسائل المراد حلها، والتي تتطلب قدرا من الذكاء مثلا، ولكن ليس لها حل عام معروف، كما ستكون مرتبطة من ناحية أخرى بطرق المعالجة المنطقية المستخدمة والمستعينة بكل ما عرف عن الذكاء الإنساني.

التمثيل الرمزي: Symbolic Representation

إن السمة الأولى لبرامج الذكاء الاصطناعي هي أنها تستخدم أساسا رموزا غير رقمية وهي في هذا تشكل نقضا صارخا للفكرة السائدة أن الحاسب لا يستطيع أن يتناول سوى الأرقام، فعلى المستوى القاعدي يتكون الحاسب من نبائط ثنائية binary devices ولا يمكن لهذه النبائط أن تتخذ إلا أحد وضعين اتفق على أن يرمز لهما ب «١ أو صفر». وقد أدى اختيار هذين الرمزين الرقميين إلى انتشار الفكرة القائلة إن الحاسب لا يستطيع أن

يتفهم سوى «نعم أو لا»، وأنه لا يستطيع تمييز ظلال المعنى بينهما. ولكن إذا نظرنا على نفس المستوى للإنسان، مستوى الخلايا العصبية-neurons، لوجدنا أن الفهم الإنساني يعتمد أيضا على الوضع الثنائي مما يشير إلى إمكانية التعبير عن الأفكار والتصورات والمفاهيم البالغة التعقيد واتخاذ القرارات بتشكيلات متطورة من هذه الأوضاع أو الحالات الثنائية. ولا شك أن إمكانية التعبير عن التصورات العليا والمعقدة بواسطة الرموز الثنائية التي يفهمها الحاسب تجعل محاكاة عملية اتخاذ القرارات ممكنة.

ولا يوجد بالطبع ما يمنع برامج الذكاء الاصطناعي من أداء بعض العمليات الحسابية إذا لزم الأمر، ولكن غالبا ما تستخدم نتائج هذه العمليات على المستوى الإدراكي conceptual level، بمعنى أن مغزى هذه العمليات الحسابية سيدخل إلى العملية الاستدلالية التي يقوم بها البرنامج. ويوضح ذلك مثال من برامج التشخيص الطبي الذي قد يعطينا معلومة معينة في صورتها الرمزية بالشكل الآتي:

«المريض يعاني من حمى بسيطة»

وقد توصل إليها الحاسب بقيامه بعملية استدلالية لمعلومة رقمية مثل:

«درجة حرارة المريض مائة درجة فهرنهايت».

كما يمكن لبرامج الذكاء الاصطناعي أن تستخدم معلومة رمزية من علم أمراض النبات مثل:

«العفن نوع من الفطر»

للتوصل إلى معلومة رمزية أخرى كالآتي:

«الأضرار التي يسببها الفطر بشكل عام يمكن أن يسببها العفن بشكل خاص».

وعادة ما يطلق على هذا النوع من العمليات الاستدلالية أو الاستقرائية «الوراثة» inheritance أو نقل الخصائص transmission of propeties وله أهمية بالغة في علم الذكاء الاصطناعي.

الاجتهاد Heuristics

تتحدد السمة الثنائية لبرامج الذكاء الاصطناعي بنوعية المسائل التي تتناولها. فهي في العادة ليس لها حل خوارزمي معروف، ونعني بذلك عدم

وجود سلسلة من الخطوات المحددة التي يؤدي اتباعها إلى ضمان الوصول إلى حل للمسألة.

وطالما لا يوجد حل خوارزمي للمسائل التي يعالجها الذكاء الاصطناعي فلابد إذن من الالتجاء إلى الاجتهاد[5]، أي إلى الطرق غير المنهجية والتي لا ضمان لنجاحها. ويتمثل «الاجتهاد» في اختيار إحدى طرق الحل التي تبدو ملائمة مع إبقاء الفرصة في نفس الوقت للتغيير إلى طريقة أخرى في حالة عدم توصل الطريقة الأولى إلى الحل المنشود في وقت مناسب. ولهذا لا تعد البرامج التي تحل المعادلات التربيعية ضمن برامج الذكاء الاصطناعي لأن لها حلا خوارزميا معروفا. وبالتالي قد يصل أحد برامج التكامل الرمزي symbolic integration إلى مصاف برامج الذكاء الاصطناعي لاعتماده على طريقة حل أخرى كلما فشلت الطريقة السابقة لتبسيط عملية التكامل. وتشكل برامج لعب الشطرنج مجالا خصبا للذكاء الاصطناعي لأنه لا توجد طريقة معروفة لتحديد أفضل نقلة ممكنة في مرحلة معينة من دور الشطرنج، وذلك لسببين: أولهما أن عدد الاحتمالات الممكنة كبير جدا لدرجة يستحيل معها إجراء بحث search كامل عليها، والسبب الآخر هو أننا لا نعرف سوى القليل عن المنطق الذي يبني عليه اللاعبون المهرة تحركات قطعهم إما لأنهم ليسوا مدركين له بشكل واع، أو لأنهم لا يريدون الإفصاح عنه. وقد اعتاد بعض المستهينين بالذكاء الاصطناعي-ومنهم هربرت دريفس-[6]، الادعاء بعدم استطاعة أي برنامج للوصول إلى مستوى اللاعب الإنساني الجيد. وقد ثبت خطأ هذا الادعاء منذ زمن. وتستطيع الآن (1985)، برامج الشطرنج الممتازة هزيمة جميع اللاعبين باستثناء مئات قليلة منهم.

تمثيل المعرفة Knowledge Representation

تختلف برامج الذكاء الاصطناعي عن برامج الإحصاء في أن بها «تمثيل للمعرفة». فهي تعبر عن تطابق بين العالم الخارجي والعمليات الاستدلالية الرمزية بالحاسب. ويمكن فهم تمثيل المعرفة هذا بيسر لأنه عادة لا يستخدم رموزا رقمية. فقد يستخدم أحد برامج التشخيص العلاجي القاعدة التالية في تشخيص حالة المريض بالأنفلونزا:

«إذا كانت درجة حرارة المريض عالية، ويشعر بآلام عضلية وصداع، فإن هناك احتمالا قويا بأنه يعاني من الأنفلونزا».

ويكون التعبير عن مثل هذه القاعدة في برامج الذكاء الاصطناعي بوضوح وإيجاز وبلغة أقرب ما تكون إلى لغتنا الطبيعية[7] الفعل وليس بلغة الحاسب الدنيا[8]. والتعبير عن هذه القاعدة في البرامج التقليدية يتطلب إضافة جداول كثيرة ومتعددة للتعبير عن العلاقة بين الأعراض المرضية وتلك الأمراض التي يحتمل أن تسببها. وحتى في هذه الحالة سيكون من الصعب جدا على البرنامج أن يفسر طريقة توصله إلى الحل كما تفعل برامج الذكاء الاصطناعي.

والأكثر من هذا أن برامج التشخيص الطبي تحتاج إلى التعامل مع معلومات معينة مثل «أرجل ضعيفة» أو «أرجل متخشبة» كأعراض مرضية مختلفة لأرجل المريض، كما لابد أن يدرك البرنامج أن هذه الأرجل مرتبطة بالأجزاء الأخرى لجسم المريض. ولا شك أن برامج الحاسب العادية الموجودة اليوم لا تحتوي هذا النوع من معرفة «الفطرة البديهية»[9].

ومن أهم ما يميز طرق بناء برامج الذكاء الاصطناعي الفصل التام بين قاعدة المعرفة ونظم المعالجة mechanism التي تستخدم هذه المعرفة. فمواد المعرفة واضحة، ودلالاتها ومعانيها مفهومة، أما ما يكتب بلغة البرمجة- الذي يصعب فهمه لغير المتخصص-فهو مجموعة نظم المعالجة التي تفسر مواد المعرفة هذه وهي تحدد في أي حالة وفي أي مرحلة من مراحل البرنامج يكون أي من قوانين الاستدلال فعالا. سنعود لهذه النقطة في الفصل الخاص بالأنظمة الخبيرة.

وتعد برامج التحليل اللغوي[10] مثالا آخر على ذلك الفصل المنهجي بين قاعدة المعرفة والبرنامج، ويكون هذا الفصل هنا بين القواعد اللغوية للغة ما-التي تحدد صحة أي حملة في هذه اللغة-وبين ذلك الجزء من البرنامج الذي يمكن أن يقرر-بالرجوع إلى القواعد اللغوية طبعا-ما إذا كان من الممكن توليد أي جملة يتم إدخالها إليه بواسطة هذه القواعد أم لا. وفي السابق لم تكن القواعد اللغوية منفصلة عن نظم المعالجة مما كان يؤدي إلى صعوبة تطوير وتعديل هذه القواعد لأن ذلك كان يتطلب تغيير البرنامج بأكمله كلما أردنا إضافة قاعدة لغوية جديدة.

البيانات غير الكاملة

تتمثل السمة الرابعة لبرامج الذكاء الاصطناعي في قدرتها على التوصل لحل المسائل حتى في حالة عدم توفر جميع البيانات اللازمة وقت الحاجة لاتخاذ القرار. ويحدث ذلك كثيرا في الطب حين لا تكون نتائج التحاليل جاهزة وحالة المريض لا تسمح بالانتظار ولا يستطيع الطبيب في هذه الحالة انتظار نتائج التحاليل التي سيستفيد منها بالتأكيد ويضطر إلى اتخاذ قرار سريع.

ويترتب على نقص البيانات اللازمة كون النتيجة التي تم التوصل إليها غير مؤكدة، أو كونها أقل صوابا مع احتمال خطئها في بعض الأحيان. وكثيرا ما نتخذ قرارات في حياتنا العملية مع غياب جميع البيانات اللازمة، وبالتالي يظل احتمال خطأ القرار قائما. ويكون غياب بعض البيانات أحيانا نتيجة لطبيعة المسألة نفسها. ومثال ذلك لاعب البريدج الذي لا يعرف سوى الأوراق التي في يديه وعليه أن يتوصل إلى تقديرات قد تخطئ وقد تصيب عن توزيع الأوراق الأخرى ولا بديل له عن التخمين.

البيانات المتضاربة Conflicting Data

أما السمة الخامسة لبرامج الذكاء الاصطناعي فهي قدرتها على التعامل مع بيانات قد يناقض بعضها بعضا، وهذا ما نسميه البيانات المتناقضة ونعني بها ببساطة تلك البيانات التي يشوبها بعض الأخطاء. ويوضح ذلك المثال التالي حيث يرمز كل من أ، ب، ج إلى حدث يمكن ملاحظته، بينما يدل الرقم أمام كل قانون على مدى صحته. وتتراوح الأرقام من + 10 (وتعني أن القانون صحيح تماما)، إلى-10 (وتعني أن القانون غير صحيح بالمرة). ويفترض في كلتا الحالتين أن أ و ب قد لوحظا بالفعل.

1- إذا كان صار ج (+5)

إذا كان ب صار ج (-3)

2- إذا كان أ صار ج (+10)

إذا كان ب صار ج (-10)

نلاحظ أن هناك تضاربا في (1) أخرى ولكن لا يوجد تناقض. فقوانين الاستدلال واضحة: فقد يأتي حدث مثل ج بعد أ مثلا، بينما يكون من غير

المحتمل حدوثه بعد ب. ويمثل القانونان في (1) رؤيتان متعارضتان ويكون استنتاجنا أن حدوثهما في وقت واحد غير مألوف. ولكن هناك تناقضا صريحا في (2)، وليس له سوى أحد تفسيرين، إما أن أحد القانونين خاطئ تماما، ربما لأنه لم يأخذ في الاعتبار شرطا أو ظرفية ما تحد مجال تطبيق القانون، أما التفسير الثاني وهو الأهم أن هناك خطأ في الملاحظة أي أن أحد الحدثين أ أو ب لم يقع. ونحل هذا التناقض عمليا بالإبقاء على القانون الذي لا يتناقض مع باقي مواد المعرفة بالبرنامج.

القدرة على التعلم The ability to learn

تمثل «القدرة على التعلم من الأخطاء» أحد معايير السلوك المتسم بالذكاء وتؤدي إلى تحسين الأداء نتيجة الاستفادة من الأخطاء السابقة. ويجب أن يقال هنا أننا لو طبقنا هذا المعيار بحذافيره تماما لما وجدنا من البشر سوى عدد قليل ممن يمكن أن يعتبروا أذكياء. وترتبط هذه الملكة بالقدرة على التعلم باستطاعة استشراف التماثل في الأشياء والقضايا والتوصل من الجزئيات إلى العموميات واستبعاد المعلومات غير المناسبة. ويجد الباحثون في علم الذكاء الاصطناعي صعوبة في تحديد الحالات التي يكون التعميم فيها جائزا وإدراك الأحوال التي لا يصح فيها التعميم. كما يجدون نفس القدر من الصعوبة في تحديد السياق الذي يكون التماثل analogy في إطاره صحيحا. ووجد باحثو الذكاء الاصطناعي في قدرة الإنسان على استبعاد المعلومات غير المناسبة مشكلة دقيقة للغاية، ذلك أن من المميزات الهائلة للحاسب، والتي جعلته مفيدا في أغراض عديدة هي أنه-بخلاف العقل الإنساني-قادر على عدم نسيان الأشياء. والإشكالية المطروحة أمام الذكاء الاصطناعي هي أن قدرة الإنسان على النسيان هي بالتحديد التي تعطيه القدرة الهائلة على التعلم. فالإنسان قادر على نسيان أو تناسي التفاصيل الكثيرة غير الهامة-للتركيز على ما هو أهم طبعا-ويستطيع في نفس الوقت استرجاع هذه التفاصيل عند الحاجة. وتصبح مشكلة إعطاء الحاسب قدرة على التعلم مركزة في جعله قادرا على التمييز بين الحقائق الهامة «التي يجب أن يتذكرها» والحقائق غير الهامة «والتي يمكن أن ينساها». إن ما يمكن أن يعتبر من وجهة نظر معينة نقطة ضعف

في الإنسان هو في الحقيقة مصدر قوة الإنسان الهائلة على التعلم. إن القدرة على استخلاص مغزى مجموعة من الحقائق بدلا من تخزينها جميعا في الذاكرة لهي واحدة من عوامل القوة العظيمة للإنسان. إن الذكاء لا يعني أبدا القدرة على ممارسة لعبة «العشرين سؤال» جيدا لأن ذلك من أسهل المهارات التي يمكن أن يكتسبها الحاسب، وما نريد أن نقوله بإيجاز هنا هو أن الذكاء بالقطع ليس هو اختزان المعرفة. وهذا يفسر في-رأي-قلة اهتمام علماء الذكاء الاصطناعي ببرامج قواعد البيانات database. وقد بدأ علماء المعلومات يدركون قصور المناهج والطرق المستخدمة حاليا في بناء ومعالجة قواعد البيانات ويتجهون حاليا لإدخال القدرات الاستدلالية في برامجهم. وأتصور أن باحث الذكاء الاصطناعي ينحو نحوا مختلفا عندما يشرع في بناء قواعد البيانات فهو يخزن البيانات بطريقة مختلفة من البداية بحيث يبني تصنيفه للبيانات على أسس العلاقات المنطقية والفكرية والتماثل.

محاكاة السلوك الإنساني بكل السبل

والنقطة الأخيرة التي سأتناولها في هذا الفصل التمهيدي تثير كثيرا من الجدل بين باحثي الذكاء الاصطناعي وهي تتركز في السؤال التالي: هل يجب أن تحاكي برامج الذكاء الاصطناعي الطريقة التي يتبعها الإنسان في حل المسائل ؟ أم أن الطريقة لا تهم طالما يتوصل البرنامج في النهاية إلى حل بشكل أو بآخر؟

وأشعر أن إجابة الإنسان على هذا السؤال تعتمد على موقفه من قضية أخرى نعبر عنها بالسؤال التالي. ما هو هدفنا الأساسي عندما نشتغل بالذكاء الاصطناعي: هل هو فهم الذكاء الإنساني أم الاستفادة من الحاسب في معالجة المعلومات؟ ومن الواضح أن من يختار الشق الأول من السؤال الأول سيختار أيضا الشق الأول من السؤال الثاني. وسيتأثر نوع البحث الذي يقوم به عالم الذكاء الاصطناعي بشكل قوي بموقفه من هذه القضايا. ولا يعني هذا أن محاكاة عملية ما شرط ضروري لفهمها، ولكن ذلك يزيد بالتأكيد من قدرتنا على دراسة تفاصيل آلياتها.

ويجب ألا يفهم من توضيحنا للاختلاف في النظرة إلى الهدف الأساسي

للذكاء الاصطناعي أن البرامج التي تكتب لمحاكاة المنطق الإنساني «غير مفيدة» وأن لا نفع لها. فالنفع وحده لم يكن هدفا للبحث العلمي، ولا يجب أن يحدد مناهج البحث التي تتبع. ولابد من التأكد أن هذه المناهج قائمة على أسس علمية سليمة قبل طرح كفاءة الأداء للمناقشة.

وموقفنا في هذا الكتاب يتفق مع الاختيار الأول في الأسئلة التي طرحت في الفقرة السابقة، وهو السعي لفهم الذكاء الإنساني مما يثير السؤال التالي: كيف لنا أن نأمل في محاكاة السلوك الإنساني مع أننا لا نفهم الطريقة التي يعمل بها ومع إدراكنا أن هذا السلوك يختلف باختلاف البشر؟ بيد أنه يمكننا أن نعرف عن يقين بعض الطرق التي لا يتبعها الناس في العديد من المواقف، ويساعدنا هذا على استبعاد بعض الاحتمالات. فلننظر مثلا إلى مسألة «فهم اللغة الإنسانية». من الواضح أننا لا نحتاج إلى قراءة أو سماع عبارة ما عدة مرات لكي نفهم مضمونها. وبالتالي يمكن لنا أن نحكم على أي برنامج يعتمد على تكرار الاطلاع على النص اللغوي بأنه لا يعبر عن الواقع السيكولوجي للعملية اللغوية. ومن الواضح أيضا أننا لا نبدأ فهم جملة ما ببناء شجرة الأعراب أولا ثم نشرع في التحليل الدلالي لها كي نصل إلى معناها. وتشير كل الدلائل إلى أن عمليتي إعراب الجملة وتفسير دلالتها مرتبطان ومتلازمتان، وبالتالي فإن برامج التحليل اللغوي التي سادت في الفترة الأخيرة، والتي اعتمدت على الفصل بين هاتين العمليتين لا تعبر عن طرقنا في فهم اللغة وأنها فصلت بين العمليتين لأن ذلك كان أسهل في البرمجة عن إدماج العمليتين كما يفعل الإنسان.

ومن جانب آخر فإنه يمكن للاستبطان Introspection ونتائج التجارب التي يجريها علماء النفس على الأفراد أن تمدنا بمعلومات قيمة عما يمكن للعقل الإنساني أن يحتفظ به بسهولة، وعن أي استنتاجات يمكن أن يخرج بها العقل الإنساني مما يقرأ أو يسمع؟ وأي توقعات للقارئ أو السامع تؤكد؟ وأيها يتبين خطؤها؟ وقت تتبني علاقة وثيقة بين نتائج مثل هذه التجارب والبرامج التي تحاكي هذه العمليات الاستدلالية.

وأخيرا فإن قدرة برامج الذكاء الاصطناعي على تحسين أ دائها عن طريق التعلم لهو مؤشر جيد على مدى ملاءمة نظم البرمجة المستخدمة لمحاكاة العمليات الاستدلالية لدى الإنسان. كما أن فشل هذه البرامج في

التعلم يعني عدم تناظر العملية الاستدلالية بها للمنطق الإنساني. فكما هو متبع في العلوم، يستمر التسليم بصحة النظرية طالما لم تدحضها التجربة العملية.

ويمتد تأثير الذكاء الاصطناعي إلى كثير من العلوم وخصوصا علم الحاسب الآلي لأنه لابد من كتابة برامج لاختبار صحة نظريات الذكاء الاصطناعي. ونظرا لأن هذه البرامج لابد وأن تكون تفاعلية interactive فقد ساهم ذلك في تطوير لغات برمجة تفاعلية. كما أن الحاجة إلى كتابة برامج قابلة للتطور والتغير مع تطور وتغير الأفكار كان له تأثير كبير على منهجية البرمجة بشكل عام. وقد ساعدت الدروس المستفادة من علم المنطق على تطوير صورته formalization العمليات الاستدلالية، مما شكل نقطة بداية لتمثيل هذه العمليات، كما أن علاقة علماء الذكاء الاصطناعي بعلماء اللغة ضرورية لفهم اللغة الإنسانية بالرغم من اختلافهم في كثير من القضايا، كما أن لعلماء الذكاء الاصطناعي علاقات بعلماء النفس والأعصاب ووظائف الأعضاء والفلسفة. وقد تناولت مارجريت بودين[11]، التداخل بين الذكاء الاصطناعي وباقي العلوم بالتفصيل ومع التحليل الدقيق في كتابها التمهيدي عن الذكاء الاصطناعي.

الموضوعات التي يعالجها الكتاب

تكتسب ثلاثة مجالات رئيسة في علم الذكاء الاصطناعي أهمية فائقة هذه الأيام وهي: تفسير المرئيات interpreting images, فهم اللغة الإنسانية والأنظمة الخبيرة، وطرق التعلم. يحتاج الموضوع الأول (تفسير المرئيات)، إلى أن يفرد له كتاب بذاته لأن له طرقه ومنهجيته الخاصة، ويقع هذا خارج نطاق اختصاص مؤلف هذا الكتاب، ونرجع القراء المهتمين بهذا الموضوع إلى برادي[12] أو برات[13]. يتناول الثلث الأول من هذا الكتاب قضية فهم اللغة الإنسانية، بينما يدور الثلث الثاني حول الحاجة للقيام بالعمليات الاستنتاجية لفهم مواد المعرفة وبالتالي تتوفر لدينا الوسائل اللازمة لتمثيل المعرفة، أما الجزء الثالث فيختص بالأنظمة الخبيرة وهو موضوع غني في تطبيقاته ويؤدي إلى ثورة في تقنية المعلومات. وسنعرض أيضا لأثر أنظمة الخبرة في التعليم بمساعدة الحاسب، كما سنتحدث عن

طرق التعلم التي تستخدمها البرامج للاستفادة من الممارسة لتحسين الأداء وسنعطي العديد من الأمثلة لتوضيح هذه الأفكار، ونختتم الكتاب بنظرة استشرافية لما يمكن أن يتوقع من الذكاء الاصطناعي في المستقبل.

الحواشي والمراجع

(1) خلاف برامج الحاسب التقليدية حيث تكون خطوات حل المسألة واضحة ومحددة ويتولى المبرمج ترجمة هذه الخطوات المحددة إلى برنامج باستخدام لغات البرمجة. (المترجم).

(2) نستطيع القول أن جميع أنشطة الحاسب تتطلب قدرا من الذكاء. فجميع العمليات الحسابية من جمع وضرب وقسمة واستخراج متوسط عدة أرقام تتطلب من الإنسان قدرا من الذكاء، ولكن الفرق بينها وبين الأنشطة التي يعالجها الذكاء الاصطناعي أن لها خطوات واضحة ومعروفة يتبعها الحاسب بشكل إلى دون أن يستطيع شرح أو تبرير ما يتوصل إليه. (المترجم).

(3) نحاول هنا الالتصاق قدر الإمكان بالمصطلح الإنجليزي، والمعنى أن عدد الاحتمالات التي يجب النظر فيها أكبر بكثير من قدرة الإنسان والحاسب الآلي على استيعابها أو النظر فيها. (المترجم).

(4) يبلغ متوسط عدد مرات حركات قطع الشطرنج في الدور الواحد حوالي ثمانين حركة، يقوم كل لاعب بأربعين حركة، وهناك ثلاثون اتجاها يمكن أن تتحرك فيه كل قطعة، ويعني هذا أن عدد الاحتمالات في الدور الواحد 30 أس 80 = (2 أس 5) أس 80 = (2 أس 10)أس 40 = (10 أس 3) أس 40 = 10 أس 120.

(5) Polya, G. (1954), How to solve it, a new aspect of math. ematical method. Princeton, Princeton University Press.

(6) Dreyfus H L.(1972)What computers can‘t do: a critique of artificial reason New York Hater & Row

(7) اللغات الطبيعية هي اللغات الإنسانية التي لم يخترعها إنسان معين ولم تنشأ بقرار، وترتبط بحضارات وتراث الشعوب كاللغات العربية والألمانية والإنجليزية وغيرها وهي تختلف عن لغات البرمجة والاسبرانتو التي صممت لأغراض معينة. (المترجم).

(8) لغات الحاسب الدنيا هي لغات البرمجة التي تستخدم الرمزين صفر وواحد وهي لغات البرمجة الأولى قبل تصميم لغات برمجة «عليا» مثل باسكال وبيسك وفورتران وتستخدم هذه اللغات كلمات مألوفة من اللغة الإنجليزية مثل، directory, if.....then, save, type, print(المترجم).

(9) هناك نوعان من المعلومات أولهما معلومات محددة في شكل حقائق أو طرق معروفة لحل المسائل ويمكن أن تتواجد في الكتب مثل «الخرطوم عاصمة السودان»، أو طريقة التوصل إلى متوسط عدد من الأرقام، وثانيهما المعلومات اللازمة لترجمة نص من لغة لأخرى أو حصيلة خبرات الحياة أو خبرات التخصص. (المترجم).

(10) Winograd, T. (1972), Understanding natural language, Edinburgh, Edinburgh University Press.

(11) Boden, M.. (1977), Artificial intelligence and natural man, New York, Basic Books.

(12) Brady, M. (1983~), Computational approach to image understanding”, ACM Computing surveys, Vol. 14, pp. 3-71.

(13) Pratt, W. (1978), Digital image processing. New York, Wiley.

القسم الثاني
فهم اللغات الطبيعية

2 بعض المعايير

مقدمة

نهدف في هذا الفصل إلى توضيح مختلف الأنشطة[1] التي يمكن أن تندرج تحت «فهم اللغات الطبيعية»، وأولها ما يمكن أن نسميه النشاط النفعي utilitarian activity وهو ما يشار إليه عادة بتفاعل الإنسان مع الآلة man machine interaction (MMI) ولا يختص هذا النشاط بمشاكل فهم السلوك الإنساني، وإنما بمشاكل الاتصال بين الإنسان والحاسب فحسب. فنحن نريد أن نجعل هذا الاتصال يدور بلغة أقرب ما تكون إلى اللغات الطبيعية، ونعني بذلك تلك اللغات المرتبطة بحضارة وثقافة الإنسان كاللغات الإنجليزية والفرنسية والإسبانية والعربية على سبيل المثال. إن ما نحتاجه هو جسر بين مثل هذه اللغات ولغة الحاسب الدنيا[2] التي تناسب الآلة. وقد كان بناء لغات البرمجة العليا مثل فورتران والجول وليسب-والتي يتم ترجمتها إلى لغة الحاسب الدنيا بواسطة مترجم البرامج compiler-هي الخطوة الأولى في هذا الاتجاه. ولا شك أن لغات البرمجة العليا هذه أيسر في الاستعمال والتعلم، إلا أنها تظل مع ذلك لغات اصطناعية. والإشكالية التي نواجهها هنا هي أننا

نود أن نتحاور مع الآلة بوسيلة طبيعية وبدون أن نضطر لتعلم إحدى لغات البرمجة. ولتحقيق هذا الهدف يتعين علينا أن نجد طريقة ما لترجمة ما يدخله مستخدم الحاسب بلغته الطبيعية-بواسطة محطات الإدخال الطرفية- إلى شكل يمكن للآلة فهمه والاستجابة له. فكثيرا ما نحتاج إلى الاستفهام عن شيء ما بالرجوع إلى قاعدة المعلومات بالحاسب، فقد نحتاج مثلا إلى إجابة لسؤال كالتالي:

«أي من موظفي جون سميث وشركاه يتقاضى راتبا يزيد عن عشرة آلاف جنيه سنويا؟»

ويمكن ترجمة هذا السؤال على النحو التالي:

(؟س «صاحب عمل ؟س = شركة جون سميث وشركا ه»، «المرتب السنوي ؟س > 1000)[3] وتعني هذه المعادلة أننا نريد معرفة كل الأفراد س والذين هم موظفون يعملون لدى صاحب عمل هو جون سميث وشركاه ويتقاضون مرتبا سنويا يزيد عن عشرة آلاف جنيه. ويمكن اعتبار شكل هذه المعادلة كتعليمات للآلة للقيام بسلسلة من الخطوات التي يمكن للغات البرمجة القيام بها. وهذا السؤال نموذج شائع للاستفسارات التي توجه لقواعد المعلومات بهدف استخراج معلومات منها. وتحويل مثل هذا السؤال من صورته الطبيعية باللغة الإنسانية إلى شكل يكون له دلالة ومغزى لقاعدة المعلومات بالحاسب، يفترض أن قاعدة المعلومات تدرك أن «جون سميث وشركاه» هو اسم شركة (وليس اسم موظف مثلا)، وأن هذه الشركة تستخدم موظفين، وأننا مهتمون برواتب هؤلاء الموظفين وليس بعناوينهم أو عدد أطفالهم مثلا، بل-بدقة أكثر-نحن مهتمون بهؤلاء الموظفين الذين تزيد رواتبهم عن حد معين.

ويمكن لاستخدام هذه التقنية أن يكون له نتائج باهرة، لأنها تمكن الإنسان والآلة من الدخول في حوار طبيعي يوحي بوجود قدر كبير من الفهم المتبادل بينهما، ولنا أن نتوقع تطورات هامة في مجال تفاعل الإنسان مع الآلة في السنوات القادمة.

وثاني الأنشطة التي تندرج تحت «فهم اللغات الطبيعية» هو ما سأسميه النشاط اللغوي أو المنطقي. والسؤال الرئيسي هنا هو ما إذا كانت عبارة ما صحيحة لغويا ويمكن قولها فعلا في الحياة اليومية. وقد درج علماء اللغة

المعاصرون على وضع نجمة «*» أمام العبارات والجمل التي تبدو غريبة لهم، ثم التساؤل عن سر الغرابة في هذه الجمل والعبارات، ويمثل هذا ما يمكن أن نطلق عليه الجانب القانوني Le galistic aspect. كما ينظرون إلى اللغة باعتبارها كيانا مستقلا دون أي اعتبار لوظائفها المعرفية أو التواصلية، ومن أبرز المؤيدين لوجهة النظر هذه (نوم تشومسكي)[4] الذي أكد على التمايز بين الكفاءة والأداء[5] أي بين ما يمكن أن يقوله ويختمه الإنسان نظريا، وبين ما يقوله فعلا. ويعتقد تشومسكي أنه يمكن دراسة الخصائص الرياضية والشكلية للغة دون الرجوع إلى الكيفية التي يتم بها الاستخدام اللغوي. ويقارن وينوجراد[6] بين هذا الاتجاه واتجاه علماء الفيزياء الذين يدرسون الميكانيكا دون أخذ عملية الاحتكاك في الاعتبار. ويهتم تشومسكي بالنحو الصوري، أي بأنظمة القواعد الصورية التي تحكم انتظام الرموز الأساسية arrangements of basic symbols. وقد سعى تشومسكي إلى تحديد ملامح الأنحاء الكلية[7] universal grammar كمجموعة مجردة وهو يعرفها كنظام من القوانين والشروط والقواعد التي تكون الأسس والخصائص لكل اللغات الإنسانية[8]. ويقر تشومسكي[9] إن الأنحاء التي يهتم بها بالغة التعقيد، ولا يمكن تعلمها للبشر الذين يبدءون من المبادئ العامة-أي الأنحاء الكلية- والتي يعتبرها تشومسكي موروثة innate أي جزءا من الجهاز البيولوجي للإنسان. ولهذا فإنه من غير المحتمل أن تكون من نفس نوع الأنحاء التي نستخدمها فعلا في تحليل العبارات والجمل.

وثالث الأنشطة، وهو الذي سأحاول أن أؤيده في هذا الكتاب، يرفض الزعم المبسط لعلاقة ثابتة غير غامضة بين البنية السطحية للجملة-بمعنى التتابع الأفقي للحروف لتكون الكلمات وتتابع الكلمات لتكون الجمل والعبارات-والبنية العميقة التي تحمل دلالة هذه الجملة. وعلى عكس ذلك تتمثل وجهة النظر المتخذة هنا في أن العمليات الاستدلالية inferential processes تلعب دورها بمجرد قراءة أو سماع أي جملة أو نص، وأن فهم النصوص اللغوية لا يختلف في جوهره عن فهم أي شيء آخر. ففي جميع الأحيان يتأثر فهمنا للمعلومات التي نستقبلها بكل ما كنا نعرفه من قبل. ومن المؤكد أن لتراكيب الكلام syntax دورا، ولكنه ليس بالدور الجوهري في فهم اللغات الطبيعية. ونحن بالتأكيد لا نقسم فهمنا للجملة إلى مرحلتين:

الأولى تكون شجرة الإعراب syntactic tree، وتضع الثانية تحليلا دلاليا لها. إن مثل هذا التصور لفهم اللغات الطبيعية هو الوحيد الذي يسعى لتفسير كيفية عمل عقولنا، وقد كان روجر شانك[10] أكثر المؤيدين تحمسا له طوال الخمسة عشر عاما الماضية، وليس الهدف هنا-كما كان في الماضي-بناء برامج لفهم اللغات الطبيعية بأي طريقة، بل تفسير وعرض طرقنا التي نستخدمها في الفهم.

فنحن نضع نظريات للفهم ثم نختبرها بواسطة برامج صممت، كما نأمل، بحيث تحاكي طرق الإنسان، آخذين في الاعتبار ردود أفعالنا الذاتية ومعرفتنا ودوافعن.

وينقسم هذا الجزء من الكتاب والمخصص للغات الطبيعية إلى سبعة فصول. ويعرض هذا الفصل بعض المعايير الأساسية التي يمكن استخدامها لتقويم درجة «فهم» مثل هذه اللغات. ويصف الفصل الثالث المحاولات الأولى (غير المثمرة) للترجمة الآلية والطرق التي استخدمت سابقا لإجراء حوار، أقرب ما يكون إلى الحوار الطبيعي، مع الحاسب.

ونتناول في الفصل الرابع البرامج الأولى التي كتبت لتحليل عبارات منفصلة مستخدمة النحو الصوري formal grammar أعدد في معظم الأحيان، كما يصف هذا الفصل المشكلة الرئيسة التي برزت في هذا المجال. ويعرض الفصل الخامس لبعض الطرق التي استخدمت في هذا التحليل، أي طرق تحويل الصورة العادية للجملة إلى الصورة الذي تمثل بها داخل الحاسب. ويصف الفصل السادس بعض جوانب تحليل الكلام المنطوق واختلافه عن تحليل النصوص المكتوبة. ويتناول الفصل السابع المشاكل العملية لاستخدام اللغات الطبيعية في الاتصال بين الآلة والإنسان. وأخيرا يصف الفصل الثامن تغيرا ذا أهمية كبيرة في توجه معالجة اللغات الطبيعية، فلم تعد القضية الشاغلة هي تحويل الجملة من الشكل الذي أدخلت به إلى الحاسب إلى شكل داخلي internal form يمثل معناها. بل أصبحت فهم النص واستخلاص مغزاه ودوافع المشاركين في الحوار. وأخذ يقل انفصال التحليل الصوري للجملة عن السياق الذي وردت فيه وكذلك عن الاستنتاجات التي يمكن التوصل إليها أثناء القراءة سواء تمت هذه القراءة بواسطة الحاسب أو الإنسان.

بعض معايير الفهم

لن أحاول هنا تقديم تعريف للفهم سواء بالنسبة للإنسان أم الآلة. فكما شعرت في الفصل الأول بأنه رغم عدم قدرتي على تقديم تعريف للذكاء أمكنني أن أقدم عدة معايير يتصل كل منها بجانب مختلف من جوانب الذكاء مثل القدرة على التعميم، أو التعلم من الخبرات لتحسين الأداء في المستقبل، فإنه يمكنني هنا أيضا اقتراح عدد من المعايير يعكس كل منها إحدى درجات الفهم المتعددة:

1- القدرة على إجابة الأسئلة بطريقة ملائمة. إن قوة هذا المعيار تكمن طبعا في تطلب «كون الإجابة ملائمة» وبينما لا يمكن تعريف ذلك بشكل محدد تماما، فإنه يمكن التعرف على درجات مختلفة من الملاءمة. فإذا وجهنا السؤال التالي «هل روما عاصمة فرنسا؟» فإن الإجابة البسيطة «لا»تكون ملائمة، ولكن «لا، إنها باريس» أو «لا، روما عاصمة إيطاليا». تكون أكثر ملاءمة.

2- القدرة على إعادة صياغة العبارات، شارحا معناها بطريقة أخرى.

3- القدرة على الاستنتاج، أي إعطاء النتائج المحتملة أو الممكنة لما قيل توا، ويشمل هذا المعيار المعايير الأخرى.

4- القدرة على الترجمة من لغة لأخرى. وتفترض المعايير الثلاثة أعلاه قدرة معينة على التجريد، تعكس إمكانية تكوين تمثيل دلالي وإدراكي للعلاقات السببية والتداعي بين مكونات الجملة، مع إعطاء أقل قدر ممكن من الأهمية للبنية الظاهرية. وسوف نبين فيما بعد عند مناقشة فشل المحاولات الأولى للترجمة الآلية إن أسباب هذا الفشل تكمن في الحقيقة في غياب القدرة على التجريد. ويجب أن نوضح هنا أن القيام بالاستنتاجات يمكن أن يشمل توضيح كل ما هو متضمن في النص، وتحديد دوافع الناس للأفعال الواردة في النص.

5- القدرة على التعرف على المسميات. إن إحدى المكونات الهامة لقدرتنا على الفهم هي إدراكنا أنه يمكن الإشارة إلى نفس الشيء أ و الشخص بعدة طرق، كما يحدث عندما يستبدل اسم شخص أو مجموعة بضمير. ويتطلب إيجاد المرجع الصحيح في بعض الأحيان قدرا كبيرا من المعرفة أو الاستدلال.

6- الأداء الناجح لاختبار(تورينج) للذكاء فقد تخيل (الآن تورينج Alan

Turing عالم الرياضيات الإنجليزي الاختبار التالي: نفترض أننا نستخدم محطة طرفية ولوحة مفاتيح وشاشة عرض، ونحن نعرف أن المحطة الطرفية توصل أحيانا بالحاسب وأحيانا أخرى بإنسان، ولكننا لا نعرف أبدا بأيهما هي موصلة في أي وقت من الأوقات. فإذا أجرينا حوارا باستخدام هذه المحطة الطرفية، ولم نستطع بعد فترة من الزمن معرفة ما إذا كانت موصلة بالحاسب أم بالإنسان فإنه يمكن القول إن البرنامج ذكي. ويستطيع القارئ المهتم بهذه الفكرة أن يقرأ عنها في كتاب دوجلاس هوشتادر[11]. ونحن لا نحتاج إلى القول إنه لم ينجح أي برنامج حتى الآن[12] في أداء هذا الاختبار. ومعظم البرامج القليلة التي أمكن لها أن تستمر عدة دقائق في الاختبار قبل فشلها تحاكي سلوك الطبيب النفسي.

وتتعلق المعايير الخمسة الأولى بجوانب مختلفة لعملية الفهم بينما يتضمن السادس كل هذه المعايير، ويجب تحقيق كل من المعايير الخمس قبل النجاح في اختبار المعيار السادس.

الحواشي والمراجع

(1) يعني المؤلف بالأنشطة هنا فروع ومجالات البحث المختلفة لمعالجة اللغات الطبيعية والتي بدورها إحدى فروع الذكاء الاصطناعي. (المترجم).

(2) لغة الحاسب الدنيا تستخدم الصفر والواحد فقط وهي اللغة التي تفهمها الآلة، أما لغات الترجمة العليا(مثل ليسب وبرولوج.. آلخ)، فهي تستخدم كلمات وألفاظ من اللغات الطبيعية. (المترجم).

(3) ترمز «س» هنا للمجهول، وعلامة الاستفهام ترمز إلى أن هذا هو ما نريد معرفته، أي أننا نريد معرفة دلالة «س» حين يكون صاحب عمل «س» هو «جون سميث وشركاه»، وأن يكون الراتب السنوي الذي يتقاضاه «س» يزيد عن عشرة آلاف جنيه. (المترجم).

(4)Chomsky, N. (1965), Aspects of the Theory of Syntax. Cambridge, Mass., MIT Press.

(5) اهتم تشومسكي بالفصل بين الكفاءة competence والأداء performance لأن علماء المدرسة البنيوية كانوا يهتمون بالنص اللغوي ويحددون هدف البحث اللغوي بوضع القواعد التي تحكم الاستخدام اللغوي الواقع فعلا من خلال النص سواء كان مكتوبا أو منطوقا، وقد أوضح تشومسكي أن النظرة المتفحصة في الكلام توضح أن به العديد من الأخطاء ويتأثر بالحالة النفسية والمزاجية ودرجة التركيز لدى المتكلم ولهذا فهو لا يعبر تعبيرا دقيقا عن المعرفة اللغوية لدى المتكلم، وحدد هدف البحث اللغوي بتحديد المعرفة اللغوية لدى المتكلم competence والتي تتضح من الأحكام التي يصدرها المتكلم على صحة أو خطأ عبارة ما. (المترجم).

(6) Winograd, T. (1977). On Some Contested Suppositions of Generative Linguistics about) the Scientific Study of Language:, Stanford Artificial Intelligence Laboratory Memorandum, AIM-300.

(7) الأنحاء جمع نحو، ونقصد بها هنا جمع القواعد والقوانين-سواء كانت صوتية أو صرفية أو تراكيبية أو دلالية-التي تحكم فهم وتوليد الكلام.

(8) Chomsky, N. (1975) Reflections on Lanuguage. New York, Pantheon Books.

(9) Chomsky, N. (1982), Rules and Representation, in The Behavioral and Brain Sciences.

(10) Schank, R. C. (1975), Conceptual Information Processing, New York, North, North Holland.

(11) Gofstadter, D. (1977), Godel, Escher, Bach. An Eternal Golden Braid. New York, Basic Books.

(12) Dresher, B. E., Hornstein, N. (1976) On Some supposed Contributions of Artificial Intelligence to the Scientific Study of Language". Cognition 4, pp. 321-398.

3 عصر معالجة اللغات الطبيعية

مقدمة

نستخدم كلمة «معالجة» بدلا من «فهم» عن قصد لأن الفترة الزمنية التي يتناولها هذا الفصل تتميز بغياب أي تمثيل داخلي للمفاهيم والأفكار[1]، التي يمكن أن تستخلص من النص. ولم يتعد الأمر اللعب (أو التلاعب) الشكلي بالرموز، ويتضمن ذلك التحليل الإحصائي للنص مثل حساب عدد مرات تكرار كلمات معينة في خطاب سياسي مثلا. ولا تشكل هذه الطرق الإحصائية أو طرق اللعب بالكلمات جزءا من الذكاء الاصطناعي ولكنها كانت تمثل بشائره، ولهذا السبب نصفها بإيجاز في هذا الفصل.

المحاولات الأولى للترجمة الآلية:

يمكننا أن نحدد أن الأفكار الأولى للترجمة من لغة لأخرى بواسطة الحاسب قد ظهرت في نهاية عام 1946 في مناقشة بين وارن ويفر وأندروبوث[2]، وكانت وجهة نظرهما في ذلك الوقت أنه يمكن استخدام الطرق المستخدمة في حل الشفرات

السرية والتي اعتمدت على جداول التكرار النسبي للحروف في الترجمة الآلية. وعلى هذا لم يهدفا لتحقيق أي فهم للمعنى المتضمن في النص، وركزا على المعالجة الشكلية للنص باعتباره مكونا من حروف أو كلمات متتابعة.

وكانت الصعوبات التي تنبئوا بها تتعلق بإدخال قواميس كاملة بدرجة كافية لكل من اللغتين (المترجم منها وإليها) وانتقاء المعنى الصحيح للكلمات ذات المعاني المتعددة وتناول أنظمة ترتيب الكلام للغات المختلفة، حتى عندما تكون متشابهة بنيويا.

ولقد ضمت برامج الترجمة الأولى قواميس بها التصريفات الكاملة لكل فعل بدلا من أن تحتوي على جذور الأفعال وقواعد تصريف المصادر. وقد أعطى أول برنامج للترجمة الآلية من اللغة الروسية إلى الإنجليزية عدة قوائم لكل كلمة روسية بها كل الترجمات المحتملة في الإنجليزية دون تحديد أي منها هي الصحيحة. وهكذا لم تصل هذه البرامج حتى إلى مرحلة الترجمة الحرفية.

وتلاشى بسرعة الاهتمام بالترجمة الآلية خلال الستينات بعدما يقرب من خمسة عشر عاما من الجهد الذي لم يثمر كثيرا. ولقد بين (بار هيليل) Bar Hillel أن الترجمة الآلية تتطلب أن يزود الحاسب بقاعدة من المعرفة يبلغ حجمها دائرة معارف كاملة، وهو ما اعتبره بوضوح آمرا غير واقعي. ولكي نفهم لماذا كان ثمرة جهد هذه السنين بسيطا، يجب أن نتذكر أنه لم تكن لدى أي شخص في ذلك الوقت فكرة عن كيفية إدخال قواعد النحو إلى الحاسب الآلي، وأن برامج الحاسب كانت لا تزال تكتب بلغة الآلة machine language، وأن فكرة اللغة التكرارية Recursive Language[3] كانت في بدايتها الأولى.

وكان الدرس الذي تعلمناه من هذه الجهود هو استحالة الترجمة بدون فهم النص. وكان لابد من وسائل لتمثيل معنى الجملة، أو جزء من النص، ولحل غموض بعض الكلمات[4] كان يتحتم الرجوع إلى سياق الكلام، وربما إلى نموذج للعالم المتصل بالنص. وقد استأنف البحث في ميدان الترجمة الآلية ثانية بعد فترة عشر سنوات، أو أكثر، عندما أصبح هناك فهم أفضل لهذه الاحتياجات.

مرحلة ما قبل استخدام المعاني

يميز الفترة ما بين عامي, 1960 و1970 م اتجاهان يربط بينهما عدم البحث عن أي معنى في الجملة أي عدم محاولة بناء تمثيل رمزي لعلاقتها بالعالم. ويتمثل الاتجاه الأول في استخدام قواعد النحو التحويلي لتوليد عدد من العبارات بواسطة تطبيق قواعد تحويلية متتابعة حتى تجد جملة تطابق الجملة المعطاة أصلا[5]، إلا أن مثل هذا المنهج فقد فائدته نتيجة للانفجار التجميعي combinatorial explosion بسبب العدد الهائل من التحويلات التي يمكن أن تستمد من البنية الأولية. أما الاتجاه الثاني فقد استخدم الكلمات المرشدة Key Words أو تتابع من الكلمات كأنماط لاستخراج المعلومات من الجمل المراد تحليلها[6]. ويعتبر إليزا ELIZA برنامجا نموذجيا لهذا الاتجاه. وتنحصر قيمة إليزا اليوم في أهميته التاريخية، إلا أنه يوضح جيدا كيف يمكن لمثل هذه البرامج أن تعطي إيحاء بالفهم.

ويحاكي إليزا عمل الطبيب النفسي الذي يتبع مدرسة التداعي الحر ويستطيع أن يدخل في حوار مع المريض باللغة الطبيعية، كما في المثال التالي الذي يتحدث المريض أولا ثم يجيب إليزا على تساؤلات المريضة.

المريضة: جميع الرجال متشابهون.

إليزا: من أي وجه؟

المريضة: من حيث إنهم يضايقوننا بطريقة أو بأخرى

إليزا: هل يمكنك أن تفكري في مثال محدد؟

المريضة: حسنا، إن حبيبي طلب مني أن أحضر هنا.

إليزا: حبيبك جعلك تحضرين هنا؟

المريضة: إنه يقول إنني مكتئبة معظم الوقت.

إليزا. إنني آسف لسماع أنك مكتئبة

ويعمل برنامج إليزا وفقا لمبدأ بسيط جدا، فهو يخزن في ذاكرته عددا من أزواج الكلمات أو مجموعات الكلمات: أول كل زوج. أما كلمة إرشادية أو نمط من الكلمات يبحث عنها البرنامج في العبارة التي يدخلها مستخدم البرامج، والجزء الثاني من الوحدة تمثل الرد الذي يعطيه البرنامج، ولذلك فإن نفس الإجابة تولد كلما تعرف البرنامج على الكلمة الإرشادية أو النمط. فمثلا يخزن إليزا الزوج التالي:

(* أم *) ⟵ (أخبريني عن والديك).

والمقصود بالنجمة قبل وبعد كلمة «أم» أنه يمكن أن تعبر عن أي كلمة أو عدد من الكلمات بحيث لا يعير البرنامج اهتماما لما بعد أو قبل كلمة أم. و«أخبريني عن والديك» تمثل إجابة البرنامج كلما وجد في العبارة التي يدخلها مستخدم البرنامج كلمة «أم».

ويعطي هذا الحوار التالي.

المريضة: اعتادت أمي أن تضربني وأنا صغيرة.

إليزا. أخبريني عن والديك.

وتبدو إجابة إليزا هنا طبيعية بدرجة كافية ولكن نفس البرنامج يعطي الحوار التالي.

المريضة: إن أم الأمير تشارلس سوف تذهب إلى فرنسا غدا.

إليزا: أخبريني عن والديك.

ولا شك أن إجابة إليزا الأخيرة غير ملائمة بالمرة.

ويستطيع إليزا في نسخته المتطورة جدا أن يقوم بتحويلات عديدة من أجزاء النمط الذي تمثله النجوم. وبوجه خاص يمكنه أن يستبدل صيغة المتكلم المفرد بصيغة المخاطب وبذلك يولد جملا صحيحة ومناسبة، وفقا لقواعد اللغة ويظهر هذا في إجابته «.. . أنت مكتئبة.. .» ردا على «.. . إني مكتئبة.. .» في المثال السابق.

وتبدو أوجه قصور مثل هذا الاتجاه واضحة، فأولا: توقع التنبؤ وإعطاء إجابات لكل الجمل الممكنة، أمر غير واقعي. وثانيا: لم يتضمن البرنامج أي تمثيل لمعاني الجمل أو المفاهيم التي يمكن استخلاصها، ولهذا ليس لمثل هذا البرنامج أي تأثير على عملية فهم اللغة الإنسانية.

وهناك برامج قليلة أخرى من هذه الفترة مازالت تذكر لأخذها الخطوات التجريبية الأولى نحو إظهار بعض درجات الفهم، وأحدها برنامج الطالب[7] Student لدانيال بوبرو Daniel Bobrow، من MIT والذي يحل المسائل البسيطة في علم الجبر بلغة طبيعية. وقد استخدم أيضا أنماطا مثل:

(* ا هو * 2 * 3) (ما هو * ا ل 2؟)

وتعتمد طريقة برنامج «الطالب» في الحل على قواعد التناسب وتتكون الإجابة من «ملء الفراغات» في أنماط ثابتة.

ويستطيع برنامج وليم كولبي[8] William Colby المعروف باسم باري والذي يحاكي سلوك شديدي الشك والارتياب، أن يقوم بحوار بلغة طبيعية مثل إليزا. إلا أن طريقة عمله أكثر تعقيدا لأنه يحوي مؤشرات مرتبطة بكلمات معينة مثل «الخوف، العار، الغضب» تعطي بموجبها درجات مختلفة من الحدة للعبارات التي يدخلها «المريض» بحيث تختلف إجابة البرنامج باختلاف مضمون المحادثة. وعلى أي حال تنطبق أوجه النقد الموجه إلى إليزا تماما على برنامج الطالب وعلى باري.

الحواشي والمراجع

(1) تميزت برامج معالجة اللغات الطبيعية بعدم تمثيل المعنى الدلالي للجملة وقد ساد الاعتقاد في ذلك الوقت أن مجرد التلاعب الشكلي بالكلمات قد يكفي. فإذا أردنا مثلا ترجمة جملة مثل: «John left for Cairo»، وكان لدينا قاموسا ثنائي اللغة، أن نقول للبرنامج ضع الفعل في المكان الأول في الجملة العربية، وهكذا يترجم البرنامج الجملة إلى «غادر جون إلى القاهرة». ورغم أن الحاسب قد قام في هذه الحالة بترجمة صحيحة، إلا أن ذلك تم دون أي تحليل لمعنى الجملة، ولهذا أعطت بعض برامج الترجمة الآلية والتي عملت عليها بنفسي في كاليفورنيا بالولايات المتحدة الترجمة التالية: «معدل الاهتمام ورد بواحد في المائة» للجملة الإنجليزية Interest rate rose by 1%(المترجم).

(2) Weaver,W. (1995), Translation, in Locke & Booth (eds) Machine Translation of Languages, New York, Technology Press of MIT and Wiley.

(3) يوصف برنامج بأنه تكراري recursive إذا استطاع أن يكرر نفسه. وليس كل لغات البرمجة تسمح بذلك، فلغة COBOL مثلا لا تسمح بذلك. أما تكرارية اللغة فقد أشار إليها تشومسكي (Chomsky 1965)، وهي أننا يمكن أن نكون جملاً لا نهاية لها عن طريق تكرار تطبيق القواعد التكرارية. فمن المعروف مثلا أننا يمكن أن نضع الصفة بعد الاسم في اللغة العربية مثل «الله القوي» ويمكننا أيضاً أن نضيف صفة ثانية مثل «الله القوي الغفور» ويمكن أن نضع صفة ثالثة مثل «الله القوي الغفور الرحيم» وهكذا ولا يوجد نقطة معينة يصبح فيها إضافة صفة أخرى غير ممكنة لغوياً. وفي الانجليزي يمكن لنا قول Mary has flat feet.. ويمكن إضافة جملة جديدة ونقول: Jhon suspects that Marry has flat feet ويمكن أيضا أن نضيف جملة ونقول I think that Jhon suspects that Mary has flat feet. وهكذا (المترجم).

(4) معظم كلمات اللغة غامضة أي أن لها أكثر من معنى وأي نظرة إلى القاموس توضح ذلك بجلاء. ففي المورد لمنير البعلبكي أحد عشر معنى على الأقل لكلمة «hit> وكلمة مثل play يمكن أن تكون اسما مثل a play أو فعلا played وعلى الحاسب أن يقرر أي معنى هو المستخدم في العبارة التي يحللها. وقد ثبت أن هذا في منتهى الصعوبة لأنه يتطلب معرفة لغوية كاملة ومعرفة بالسياق ومعرفة بالعالم. (المترجم).

(5) Petrick, S. R, (1973) Transfomational Analysis Rustin (ed) Natural language Processing, New York, Agorithmics Press, pp. 27-41.

(6) Weizenbaum, J. (1966), Eliza, a Computer program for the study of natural language communication between man and machine. CACM 9, pp. 36-45.

(7) Bobrow, D. G. (1986) Natrual language input for a computer problem-solving system, in Minsky, M. (ed) Semantic Information Processing, cambridge, Mass., MIT Press, pp., 133-215.

(8) Colby, K. M., weber, S., & Hilf, F. D. (1972) Artifical paranoia in Artificial Intelligence 3.

4 فهم الجمل المنفصلة

يصف هذا الفصل البرامج الأولى لتحليل اللغة الطبيعية باستخدام النحو. وقد اقتصرت هذه البرامج على تحليل الجمل منفردة وبمعزل عن الجمل الأخرى، وأمكنها الوصول إلى المعاني المنفصلة بدون أي محاولة للتكامل مع النص ككل. وقد ظهرت أول طرق تمثيل المعنى في نظرية روجر شانك Roger Schank لترابط المفاهيم.

مرحلة «المعاني والتراكيب»

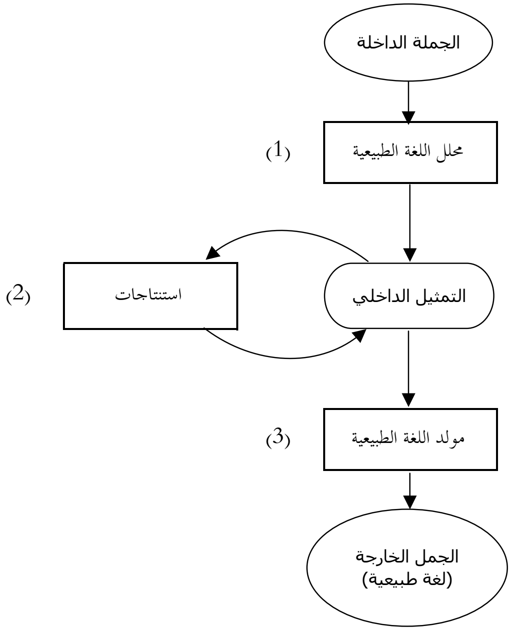
ارتبطت بداية هذه المرحلة (حوالي عام 1970 م) بفقدان الأمل في إمكانية تمثيل نحو لغة بأكملها داخل الحاسب، وقصر الباحثون جهودهم على تراكيب لغوية محددة تتصل اتصالا وثيقا باختبارات التحليل الدلالي. وكان أول برنامجين يدلان على هذا التغير برنامجي شردلو[1] Shrdlu لوينوجراد و ولونار[2] Lunar لوود. وتتميز هذه المرحلة أيضا بقصر هدف الفهم على الجمل المنفردة دون محاولة ربط هذه الجمل بنص كامل.

وعادة ما ينظم البرنامج الكامل لمعالجة اللغات الطبيعية بالطريقة المبينة في شكل 4-1. وتضم الأشكال البيضاوية المعلومات-بأشكالها المختلفة-

التي سيتم معالجتها، أما المستطيلات فتضم البرامج الفرعية التي تؤدي التحويلات المطلوبة بين هذه الأشكال.

وحيث إنه لا يوجد اتفاق عام على ما ينبغي على «التمثيل الداخلي» أن يحتويه أو على ماهية معنى الجملة، فإن تقسيم معالجة اللغات الطبيعية إلى ثلاثة برامج فرعية كما هو مبين هنا يكون اختياريا تماما، فيمكن مثلا أن تبدأ عملية الاستنتاج قبل انتهاء عملية التحليل. علاوة على هذا فليس بالضرورة أن يحتوي كل برنامج على خطوات استدلالية.

فالمطلوب عادة من برنامج يستخدم اللغة الطبيعية لاستخلاص المعلومات من قاعدة للبيانات أن يستخلص المعلومة الصحيحة، إلا أنه قد يوجد برنامج أكثر تقدما لتأويل الاستفسارات الغامضة. ويفضل بعض الباحثين مثل كولون(3) coulon وكايزر Kayser مفهوم التفسير بدرجات مختلفة من العمق على التمثيل الداخلي.



شكل 4 – 1 تخطيط قياسي لفهم اللغات الطبيعية

إن برامج توليد النصوص أداة نافعة جدا لإظهار ما قد يفهمه نظام ما، فهو يضع التمثيل الداخلي الذي يحتوي على المعنى في جمل صحيحة لغويا. ويمكن أن نذكر هنا ميهان[4] T.Meehan وماكدونالد[5] D, McDonald إلا أن البحث في هذا المجال لم يجذب كثيرا من الباحثين في الذكاء الاصطناعي، فقد اهتم أكثرهم بظاهرة الفهم، لذلك سنقتصر هنا على تناول عمليتي التحليل والاستدلال، ولن ننظر دائما إليهما باعتبارهما منفصلين تماما.

إن البرنامج الذي ظل مشهورا في تاريخ الذكاء الاصطناعي هو برنامج «شردلو» بلا شك، الذي وضعه تيري وينوجراد في MIT. ويحاكي هذا البرنامج عمل إنسان آلي لديه القدرة على تناول عدة أشياء ذات أشكال مختلفة مثل المكعبات والأهرامات الموضوعة على منضدة، ويمكنه أن يتحدث بلغة طبيعية مع شخص ما وأن يجيب على أسئلته حول هذه الأشياء. ولقد ضم وينوجراد في برنامجه قواعد لغوية مستمدة من «النحو النسقي» systemic grammar لهاليداي[6] Halliday, وهو عبارة عن نظام من الشبكات المنطقية التي تعبر عن خواص معينة للوحدات التركيبية، خاصة لحالات الأفعال وأزمنتها وبنائها (للمعلوم أو المجهول). وتستخدم بعض المعاني الدلالية أثناء التحليل اللغوي مما يؤدي إلى خفض عدد البناءات الممكنة للجملة عما لو طبقنا المعايير التركيبية وحدها.

وفيما يلي مثال لحوار حقيقي لبرنامج شردلو:

مستخدم البرنامج: كم عدد الأشياء الموجودة على قمة المكعبات الخضراء؟

شردلو: أنا غير متأكد مما تعنيه بعبارة«على قمة» في الجملة «على قمة المكعبات الخضراء».
هل تعني:
1- مباشرة على السطح.
2- في أي مكان أعلى المكعبات.

مستخدم البرنامج: 2

شردلو: هناك ثلاثة أشياء

مستخدم البرنامج: هل لمست أي هرم قبل أن تضع الهرم الأخضر

	على المكعب الصغير؟
شردلو:	نعم، المكعب الأخضر
مستخدم البرنامج:	متى التقطه؟
شردلو:	عندما كنت أقوم برص المكعب الأحمر، والكتلة الحمراء الكبيرة والمكعب الأخضر الكبير.
مستخدم البرنامج:	ولماذا التقطته؟
شردلو:	التقطته كي أتخلص منه.

وهكذا.

ويبين هذا تمكن شردلو من حل المسائل التي يتطلب حلها الرجوع إلى ما سبق ذكره، مثل تحديد أي اسم أو عبارة اسمية يعود إليها ضمير ما. كما يبين البرنامج أنه «مدرك» للوسط المحيط به، وبذلك يكون قادرا على الإجابة على أسئلة عن العلاقات بين الأفعال المختلفة.

وكان ويليام وودز يقوم في نفس الوقت تقريبا باستخدام طريقته المعروفة بشبكة الانتقال المعززة Augmented Transition Network ATN (انظر الفصل التالي) لبناء برنامج «LUNAR» للتحاور مع قاعدة بيانات باللغة الطبيعية. وتتكون قاعدة البيانات هذه من معلومات عن عينات من صخور القمر التي جمعها رواد فضاء من NASA (الهيئة الأمريكية القومية للفضاء). ويتم تحليل الأسئلة التي توجه للبرنامج على ثلاث مراحل:

أ- تحليل تركيبي، يبني شجرة الأعراب أو عدة شجرات إذا أمكن.

ب- تحليل دلالي للشجرة أو الشجرات يبني التمثيل الداخلي للاستفسار.

ج- الاستجابة للطلب المتضمن في التمثيل الداخلي للسؤال، وينطوي هذا على البحث عن المعلومات المطلوبة في السؤال وإعداد الرد باللغة الطبيعية.

ويشمل البرنامج ما يقرب من 3500 كلمة بالإضافة إلى قواعد النحو. ويستطيع برنامج التحليل اللغوي أن يعرض فهما محدودا لعلاقة الضمائر بالأشياء التي ترجع إليها وكذلك التركيبات المطمورة مثل العبارات الموصولة داخل الجملة الرئيسة.

وقد كان لبرنامج LUNAR تأثير عظيم جدا على تطور برامج اللغات الطبيعية بسبب تقنيته المستخدمة لشبكة الانتقال المعززة ATN والتي

أصبحت واحدة من أكثر الطرق شيوعا في معالجة اللغات الطبيعية خلال السنوات العشر الماضية.

وفيما يلي أمثلة من الأسئلة التي يمكن أن يتناولها:

- ما هو متوسط تركيز الألمونيوم في صخور مرتفعة القلوية؟

- كم عدد العينات التي تحتوي على خامس أكسيد الفوسفور؟

وقد قام C.Riesbeck, C.Rieger, and N.Goldman تحت إشراف روجر شانك ببناء برنامج مارجي [7] MARGIE الذي يحول عبارات من اللغة الطبيعية إلى شكل من الترابط الفكري، وسوف نقوم بوصف هذه العملية فيما بعد. ويمكن للجزء الرئيسي في البرنامج إما أن يعيد صياغة الجمل الداخلة إليه، أو أن يقوم باستنتاجات عن العالم الفكري الذي يكونه بالتمعن إما في أشياء معينة موجودة في ذلك العالم، أو في دوافع الناس التي تسكنه.

وفيما يلي مثال على قيام مارجي بإعادة الصياغة:

الجملة الداخلة: خنق جون ماري.

خرج: 1- قتل جون ماري بأن خنقها.

2- خنق جون ماري وماتت لأنها لم تستطع أن تتنفس.

3- ماتت ماري لأنها لم تستطع أن تتنفس، ولم تستطع أن تتنفس لأن جون عصر رقبتها.

وهذا مثال على قيام مارجي بالاستنتاج

الجملة الداخلة: أعطى جون ماري حبة أسبرين.

خرج: 1- أعتقد جون أن ماري تريد أسبرين.

2- لم تشعر ماري بأنها على ما يرام.

3- أرادت ماري أن تتحسن.

وهناك نظرية أخرى كان لها نجاح كبير بين الباحثين في الذكاء الاصطناعي، خاصة الذين لا يعتبرون التحليل التركيبي حلا شاملا لمشكلة استخراج المعنى، وهي نظرية (نحو الحالات الإعرابية). ونورد هنا شرحا موجزا لها وعلى القارئ المهتم أن يرجع إلى المقال الأصلي لتشارلس فيلمور[8].

إن الفكرة الأساسية في نحو الحالات الإعرابية أنها تعتبر الفعل هو المكون الرئيسي للجملة، وتدرس العلاقة بين مجموعات المركبات الاسمية

المرتبطة به: بمعنى أن تحدد حالة كل منها الإعرابية.

وفي اللغات التصريفية innectional languages يمكن أن تظهر حالة الاسم بوضوح على شكل نهاية خاصة ينتهي بها بصرف النظر عن موقعه من الفعل في الجملة، وهكذا نجد في اللغة البولندية: Chlopiec je gruszke يأكل الولد الكمثرى. ويمكن أن تكتب أيضا: Gruszke je chlopiec.

فحقيقة أن «الولد» (chlopiec) هو فاعل الفعل تظهر بالنهاية «ec-» للفاعل، وأن «الكمثرى» (gruszke) هي المفعول به تظهر بنهاية المفعول «e-». أما في اللغة الإنجليزية فلا تصرف الأسماء بحسب حالتها الإعرابية، وأقرب شبه لتصرف الأسماء هو حالات الضمائر مثل he/ him, we/us.

ويوضح فيلمور أن تصنيف النحو التقليدي لمكونات الجملة مثل المفعول به والفاعل.. الخ لا تفيد إلا باعتبارها ظواهر سطحية لوظائف أعمق من الحالات الإعرابية. وترتكز وجهة نظره على ملاحظات كالتي تبينها الجمل الثلاث التالية:

1- كسر جون النافذة بالمطرقة. John broke the window with the hammer

2- كسرت المطرقة النافذة. The hammer broke the window.

3- انكسرت النافذة. The window broke.

فالفاعل في كل جملة من الجمل الإنجليزية مختلف، رغم أن الفعل واحد بمعنى أنه يمكن لكل من المركبات الاسمية الثلاث أن تؤدي نفس الدور التركيبي «الفاعل» رغم أن وظيفة كل منها بالنسبة للفعل مختلفة، وبالعكس فإن فاعل الفعل هو (جون)، والأداة هي (المطرقة) ومن وقع عليه الفعل (النافذة) تبقى ثابتة في الجمل الثلاث مع أنها متضمنة جزئيا في الجملتين الأخيرتين.

وتقترب كثيرا نظرية الترابط الفكري لشانك من فكرة (نحو الحالات الإعرابية)، وينحصر الفرق الرئيسي بينهما في أنه يربط الحالة الإعرابية للمركب الاسمي بالمكونات الدلالية الأولية للأفعال «primitives of verbs» والتي سنقدم تعريفا لها في الفقرة التالية.

نظرية الترابط الفكري Conceptual Dependency

طور روجر شانك[9] هذه النظرية كوسيلة للتمكن من تمثيل الجمل

البسيطة بواسطة وصف منطقي يبين العلاقات بين المفاهيم المختلفة التي تدخل في هذه الجمل. ويمكن تلخيص الأفكار الرئيسية فيما يلي:

أ- يجب أن يكون لجملتين من نفس اللغة أو من لغتين مختلفتين نفس التمثيل الداخلي إذا كان لهما نفس المعنى وحتى إذا كانت بنيتهما التركيبية مختلفة تماما.

ب- يجب أن تظهر كل المعلومات المتضمنة في الجملة في التمثيل الداخلي. بشكل صريح. فالجملة «ذهبت إلى ثلاث صيدليات هذا الصباح» تقود السامع إلى افتراض أنني قد فشلت في الحصول على ما أريد من الصيدليتين الأوليين، ويجب أن يكون هذا الاستنتاج جزءا من «معنى» هذه الجملة.

ج- يعبر عن كل فعل بمكوناته الدلالية الأولية: وبذلك تكون المكونات الدلالية للفعل «يشرب» مثلا «يدخل إلى المعدة» ويمكن أن تعني أيضا «يبدلع» و«يأكل». ويرتبط الوصف المنطقي schema بكل المكونات الدلالية، ويجب أن يكتمل، على الأقل جزئيا، قبل أن تبدأ عملية الفهم.

ويمثل معنى الجملة بوصف منطقي يسمى «الترابط الفكري» ويحتوي على مقولات (أو عقد في الشبكة) من أربعة أنواع:

1- الصور وهي مساوية للأسماء.

2- العمل أو الفعل وهو مساو للأفعال أو مجموعات الأفعال.

3- معاونات الصور وهي تصف الصور أو تعدلها وبذلك تكون مساوية للصفات.

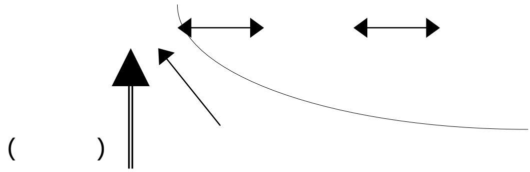
4- معاونات الأعمال أو الأفعال، وهي تصف الأفعال وبذلك تكون مساوية للظروف، أما الترابطات أو العلاقات فهي ما يلي:

(أ) اعتماد متبادل بين مفهومين أو فكرتين، يبين أن كلا منهما ضروري، ويحدث هذا غالبا بين الصورة والفعل.

(ب) اعتماد من جانب واحد بين الفعل ومعاون الصورة (أي بين الفعل والمفعول به) أو بين الصورة ومعاون الصورة (أي بين الاسم والصفة: المترجم).

(جـ) اعتماد من جانب واحد بين صورتين (مثل الإضافة: المترجم).

وهكذا تكون الخطوط التوضيحية للترابط الفكري لجملة «لمع هنري سيارته الجديدة» كالآتي:



شكل 4 -2 لمع هنري سيارته الجديدة

وللتمييز بين تمثيل الترابط الفكري وقواعد نحو الحالات الإعرابية دعنا نتناول جملة «أغضب جون هنري». ونعرض التمثيل النحوي لهذه الجملة في شكل 4-3.

ويعرض الترابط الفكري لعلاقات السببية causative معبرا عنه بالرمز ⇑ ففي جملة «أغضب جون ماري» نجد أن جون قد أدي فعلا ليس واضحا (فنحن لا نعرف ما هو. المترجم)، ونعبر عنه ب يفعل DO، ونتيجة لهذا الفعل أصبح هنري في حالة غضب. ويوضح شكل 4-4 تمثيل الجملة في نحو الحالات الإعرابية حيث ترمز «م» إلى الزمن الماضي.

وهكذا، لكي نبسط المسألة بشكل ما، فإن عملية تمثيل المعنى لجملة ما يتكون من ترابط الأصول الأولية للأفعال وتكملة الأبنية المرتبطة بها، وهناك ما يقرب من 12-14 من الأصول الأولية نذكر بعضا منها:

تحويلات مجردة: وتبين الفكرة المجردة لنقل شيء إلى شخص آخر (مثل يعطي)، أو للنفس (مثل يأخذ) أو تحويل فوري لأشياء عديدة (مثل الشراء والتي يمكن أن يتضمن تحويل نقود وبضائع).

تحويلات محسوسة: وتبين تحويل الأشياء المحسوسة من مكان لآخر، مثل «يذهب» مشيرة إلى انتقال الإنسان نفسه من مكان لآخر أو «يضع» مشيرة إلى شيء محسوس.

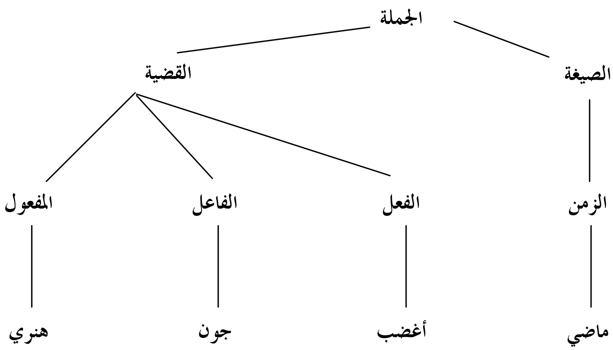
بناء: وتشير إلى العملية العقلية لبناء معلومات جديدة من معلومات سابقة، مثل يقرر، يستنتج، يتخيل، يستدل، ويعتبر.

الحديث: وتشير إلى إصدار الأصوات مثل يتكلم، يغني، يصرخ.

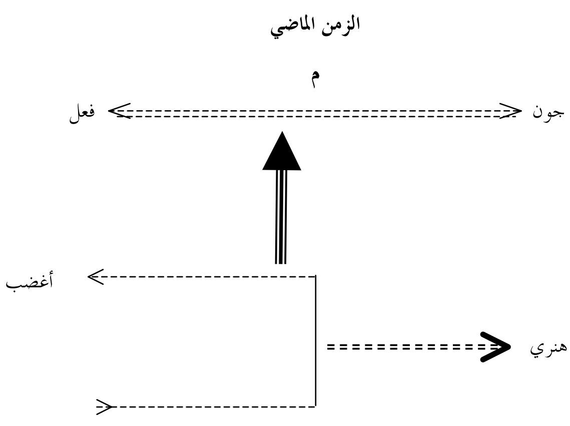
التنبه: وتشير إلى استخدام أحد أعضاء الحواس للاستجابة إلى مثير

مثل يسمع ويرى.

الطرد: ويشير إلى إخراج الحيوان لشيء مثل يتنفس، يصرخ، يبصق، أو يصرخ.



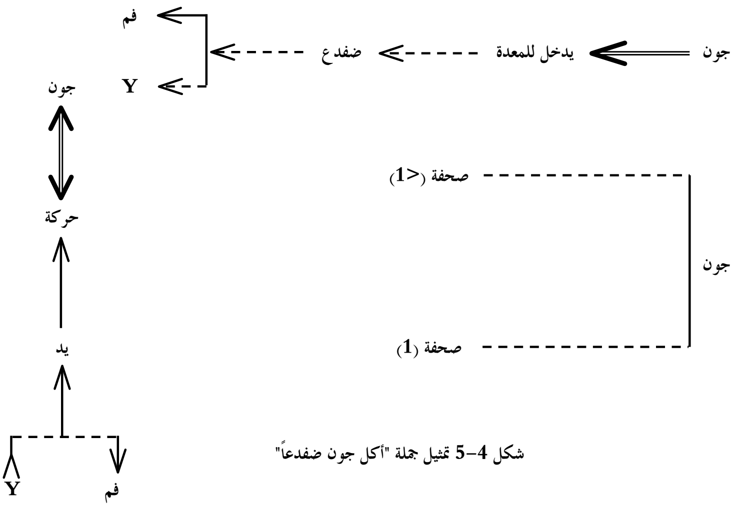
شكل 4 – 3 تمثيل نحو الحالات الإعرابية لجملة "أغضب جون هنري"



شكل 4 –4 تمثيل للترابط الفكري لجملة "أغضب جون هنري"

ويعطينا شكل 4-5 تمثيلا لجملة «أكل جون ضفدعا»، ويعني هذا أن جون قد أدخل إلى معدته ضفدعة، وهي تلك التي حصل عليها، بأن أخذها في يده وحملها إلى فمه. ونتيجة لذلك فإن صحة جون سوف تعاني بالتأكيد- إن هذا الاستنتاج الأخير هو بالتأكيد مظهر للفكر الأساسي لروجر شانك.

إن برنامج ريزبك Riesbeck للتحليل الفكري-والذي استخدم في التوصل إلى هذا التمثيل-يتأثر بالتمثيل النهائي المتوقع إلى حد كبير وهذا يولد بدوره التوقعات الممكنة. وسوف نعرض في الفصل الخامس صورة لهذا البرنامج. وقد قام ويلكس[10] بأعمال مشابهة من خلال نظريته في الدلالة التفضيلية prefemtial semantics.



شكل 4–5 تمثيل جملة "أكل جون ضفدعاً"

الحواشي والمراجع

(1) Winograd T. (1972), Understanding Natural Language, New York, Academic Press.

(2) Woods W., Kaplan R., Nash-Webber B. (1972), The Lunar Sciences Natural Language System, BBN final report, Cambridge, Mass.

(3) Coulon D., Kayser D. (1980), Un systeme de raisonnement profondeur variable, Congres AFCET-TTI, Nancy, pp.517- 527.

(4) Meehan J.R. (1976), The metanovel: Writing stories by computer, ph.D.thesis, Yale University report No. 74.

(5) McDonald D. D. (1980), Language production as a process of decision making under constraints, ph.D. thesis, MIT, Cambridge! Mass.

(6) Halliday M. A. K. (1970), Language structure and language function, in New Horizons in Linguitics, John Lyons ed.), Har-mondsworth, England, Penguin Books.

(7) Schank R. C. (1975), Conceptual Information Processing, New York, North Holland.

(8) Fillmore C. (1968), The case for case, in Bach & Harms (eds.), Universals in Linguistic Theory, Chicago, Holt, Rinehart and Winston

.(9) Schank R. C. (1972), Conceptual Dependency: a theory for natural language understanding, Cognitive Psychology, 3.

(10) Wilks Y.(1975), A preferential pattern-seeking semantics for natural language inference, Artificial Intelligence 6, pp.53-74.

5 بعض طرق التحليل الآلي للغات الطبيعية

نتناول في هذا الفصل، مشكلة التعرف على مكونات جمل اللغات الطبيعية وتحديد العلاقات (النحوية والدلالية)، بين هذه المكونات، وكذلك وصف معنى الجملة وصياغة هذا الوصف بالصورة التي تتطلبها المعالجة الداخلية بالحاسب.

وأتجنب هنا عن عمد إعطاء أي تعريف ثابت «للمعنى»، تاركا بدون تحديد ما إذا كانت المعالجة لا تتعدى مجرد التعرف على مفاهيم معينة مثل: الفاعل والفعل والمفعول به، ومكان الحدث، وما إلى ذلك، أو إذا كان يشتمل قبل كل شيء على استنتاجات.

ويتضمن المعنى بالنسبة لشانك ومؤيدي نظريته جميع العمليات المعرفية التي تلعب دورا في عملية الفهم.

وسوف نتناول هذه القضايا بتفصيل أكثر في الفصل الثامن وهو عن فهم النصوص، ونتناول هنا فقط ترجمة جمل اللغة الطبيعية إلى شكل يمكن أن يمثل داخل الحاسب.

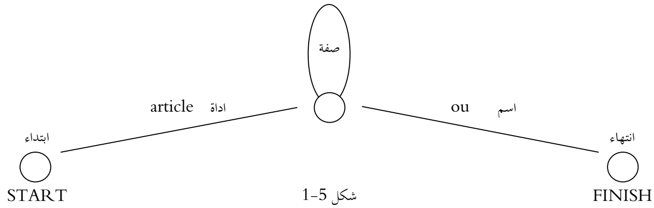
شبكات الانتقال المتكرر

Recursive Transition Networks (RTNS)

ويشير هذا التعبير إلى طريقة لتوصيف النحو. وتعتبر شبكات الانتقال المتكرر تطويرا لأوتوماتكية الحالات المحدودة finite state automata مع بعض الشروط الضرورية واللازمة لأخذ الطبيعة التكرارية لبعض التعريفات في الاعتبار. وتعتبر شبكات الانتقال المتكرر مساوية في قدرتها على التعبير للنحو المتحرر من السياق context free grammar .

وتتكون أوتوماتية الحالات المحدودة من مجموعة من العقد nodes التي تمثل حالات states, تتصل بأقواس تبين شروط عملية الانتقال من حالة إلى أخرى. فهناك حالة أولية تمثل البداية (ابتداء) وهناك حالة أو أكثر تمثل النهاية (انتهاء). وبالنسبة إلى شبكات الانتقال المتكرر تعنون الأقواس إما بكلمات أو مقولات categories, بمعنى أن حالة الانتقال التي يمثلها القوس تتم عندما تكون الكلمة المدخلة مطابقة للكلمة التي على القوس، أو من نفس المقولة إذا كان القوس مسمى بمقولات. ونقول إن الأوتوماتون سوف يقبل تتابعا معطى من الكلمات إذا استطاع أن يأخذ الكلمة الأولى كابتداء ويصل إلى الكلمة النهائية (انتهاء).

ويستطيع الأوتوماتون في شكل 5-1 أن يقبل عبارة «the pretty Little pony،» أو مجرد «the pony» ولكنه لا يستطيع أن يقبل «little pony».



شكل 5-1

أوتوماتون الحالات المحدودة لعبارة اسمية بسيطة جداً

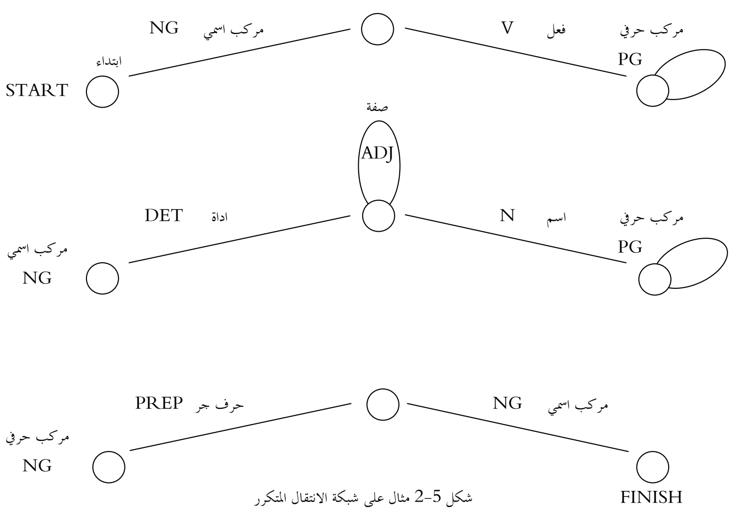
ولا يستطيع مثل هذا الأوتوماتون أن يعطي تمثيلا يعبر عن التكرارية في عبارة مثل «زوج أخت بواب صالة الفندق»، والتي تتسم بأن لها عدد اختياري من الإضافات[1]. ويمكن دائما استبدال الجمل المتداخلة nested clauses بتركيبات تكرارية iterative، ولكن عادة ما يتسبب هذا في تشويه

البنية الطبيعية للمعنى. ويمكن تجنب هذه الصعوبة بأن لا تقتصر عنونة الأقواس في شبكات الانتقال المتكرر على كلمات أو مقولات ولكن برموز لمقولات غير طرفية مثل م س «مركب اسمي» أو م ف «مركب فعلي» والتي تعرف بأوتوماتيات أخرى تشكل جزءا من أوتوماتية أكبر وقادرة على الانتقال داخلها. وهذه هي الفكرة وراء تقنية شبكات الانتقال المتكرر ويوضح شكل 2-5 شبكة انتقال متكرر لجملة:

The Clever little daughter of the owner of the sweet-shop has won a scholarship to Oxford

«الابنة الصغيرة الماهرة لمالك محل الحلوى كسبت منحة دراسية بجامعة أوكسفورد»(2).

وتتكون المقولات الطرفية هنا من س (اسم)، ف (فعل)، ص (صفة)، ج (حرف جر)، د (أداة). وتتكون المقولات غير الطرفية من م س (مركب اسمي)، (م ح) مركب حرفي. ويبين احتمال اشتمال المركب الاسمي على مركب حرفي، وأن العكس صحيح أيضا أهمية شمول إمكانية الإرجاع في لغات البرمجة.



شكل 5-2 مثال على شبكة الانتقال المتكرر

وهذه طريقة عملية جدا لتحليل الجمل، ولكنها لا تسمح لنا بسهولة أن نأخذ في الاعتبار جميع الظواهر في اللغات الطبيعية، وخاصة بعض الظواهر السياقية، رغم أنه يمكن تناولها بازدواج مستفيض في المواصفات كما سنبين فيما بعد. وفي عملية التحليل يعتمد المسار الذي يتخذ عند ترك العقدة على الطريق الذي تم به الوصول إليها. فقد نود أن ننظر مثلا إلى الفعل في الجملة لمعرفة ما إذا كان يتفق مع الاسم في المركب الاسمي، وهذه مسالة تشغل كثيرا من علماء اللغة، وذلك أن الفعل يمكن أن يفهم بمعان مختلفة عديدة. وقد يتوقف اختيار المعنى المناسب، مثلا على طبيعة الاسم إذا كان يدل على كائن حي كإنسان أو حيوان أو على جماد كمنضدة.

ومن الممكن ضمان الاتفاق في العدد بواسطة قواعد النحو المحرر من السياق على النحو التالي[3]:

جملة: جملة مفردة/ جملة جمع

جملة-مفردة: = مركب اسمي مفرد/مركب فعلي مفرد

جملة-جمع: = مركب اسمي جمع / مركب فعلي جمع

مركب-اسمي-مفرد :-أداة مفردة/ صفة مفردة/ اسم مفرد

... . إلى آخره.

إلا أن هذه القواعد تكون مجهدة للبرنامج ويمكن التعبير عن الظواهر السياقية بطريقة أدق باستخدام أنظمة شبكات الانتقال المعززة Augmented Transition Networks (ATNs) الذي استحدثه وودز[4] والذي سنصفه كما يلي

شبكات الانتقال المعززة

Augmented Transition Networks (ATNs)

تتميز شبكات الانتقال المعززة عن شبكات الانتقال المتكرر بثلاث ميزات:

1- تسمح لأي نوع من الاختبار أن يرتبط بالأقواس، كما تسمح بفرض شروط كأن تكون الكلمة من مقولة معينة أو مجموعة دلالية أو تركيبية محددة. وبذلك قد تتطلب أن يكون الاسم من نفس مجموعة الأداة الموجودة سابقا في الشبكة، وعلى هذا يمكن أن نرفض مثلا «نافذة» أو «تليفون» كفاعل لفعل «يحلم».

2- تسمح لنا أن نحدد ما يقوم به البرنامج إذا ما اتخذ المسار فرعا

معينا: مثل تخزين معلومة ما لاستخدامها فيما بعد.

3- تعطينا مجموعة من المسجلات set of registers لتخزين العلاقات بين الشبكات الفرعية العديدة لنظام كامل.

وقد استحدث وودز مصطلحات قياسية لوصف قواعد النحو طبقا لصياغة شبكات الانتقال المعززة، فهناك، على سبيل المثال، قوس من نوع «قفزة» كل jump ليسمح بالانتقال من حالة إلى أخرى بدون استخدام كلمة الإدخال. وهناك أيضا وسيلة مقننة لنأخذ في الاعتبار الجمل الرئيسة والجمل الموصولة عندما نحتاج إلى الرجوع إلى بداية الجملة بعد جمل اعتراضيه كثيرة مثل جملة «الولد الذي رأيته أمس ينزل من الباص مع فتاة جميلة معها شمسية حمراء هو ابن القس»(5). ويمكن لبرنامج شبكات الانتقال المعززة في شكل 5- 3 أن يفهم الأسئلة التالية:

1-أ- ما هي السفينة التي لها أكبر طول؟

1-ب- ما هي أطول سفينة؟

2 -أ- ما هي السفن ذات أكبر طول؟

2-ب- ما هي أطول السفن؟

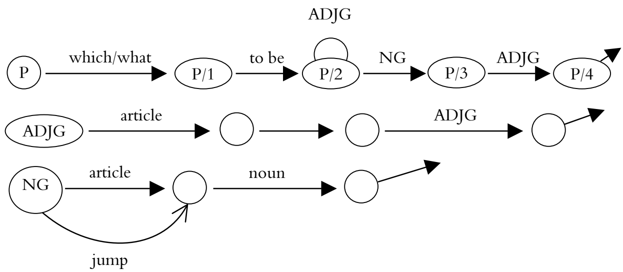
ونعيدهم هنا باللغة الإنجليزية حتى يتفهم القارئ البرنامج:

1 (a) Which is the ship of greatest length?

1 (b) Which is the longest ship?

2 (a) Which are the ships of greatest lenght?

2 (b) Which are the longest ships?



ADJG = adjectival group

NG = noun group

comp = comparison (greater/lesser length)

شكل 5-3 تحليل شبكات الانتقال المتكرر لجملة "Which is the longest ship?"

إن الجملتين في (١ أ) و(١ ب) لهما نفس المعنى وكذلك (2 أ)، (2 ب)، ويمكن توضيح الفرق بين المجموعتين بضبط سجل العدد للمفرد أو الجمع بعد تحليل الكلمة الداخلة (is/are) أو(ship/ships) ويمكن استخدام تلك الوسيلة لاكتشاف الأخطاء النحوية إذا كتب شخص "the Ship are"

تحليل الاستفهامات Analysis of queries

تمتاز البرامج المستخدمة هنا بأن الجمل التي تقبلها لا تحدد بواسطة مجموعة قواعد كما هو الحال إذا كانت مولدة بواسطة نحو بناء الجملة Phrase Structure grammar أو بواسطة مخطط بياني يحدد المسار فيه المقولة التي تنتمي إليها الكلمة الداخلة. وبرامج التحليل من هذا النوع (تحليل الاستفهامات) لا تفحص كل كلمة بل تركز على مفاهيم معينة ترتبط عادة بالفعل. وترتبط هذه المفاهيم عادة بالحالات الإعرابية مثل الفاعل والمفعول والأداة.. الخ أو بصيغة الجملة مثل الزمن والتي يبحث عنها البرنامج بمجرد التعرف على الفعل. وفي مثل هذا التحليل لا ترتبط هذه المجموعة من الحالات بالفعل نفسه ولكن بالمكونات الدلالية-Prim actives (انظر الفصل الرابع): وعلى هذا ففي نظرية الترابط الفكري تكون «يبلغ» المكون الدلالي لـ «يبتلع»، «يأكل»، «يشرب»، «يزدرد».. الخ.

وتصبح الأفعال أكثر الكلمات أهمية في المكون الفعلي، والأسماء في المركبات الاسمية، ويرتبط بها الأسئلة التي يمكن أن تولد توقعات وقيود يجب تلبيتها فيما بعد. وتتميز مثل هذه البرامج بالقوة وحساسيتها القليلة للاختلافات في التعبير عن نفس الفكرة أو تكوين إطار لنفس السؤال، وذلك لأن ترتيب الكلام ليس ذا أهمية أساسية في عملية التحليل. ولهذا فليس هناك حاجة للتنبؤ بجميع الطرق الممكنة التي يمكن بها التعبير عن الجملة الواحدة، ومن ناحية أخرى لا تسمح بقبول أي تخريجات تتبع طرق ترتيب الكلام. وأفضل تلك البرامج هو ذلك الذي استحدثه ريزبك[(6)] Riesbeck والذي استمد من جمل اللغة الطبيعية البنية المناظرة لنظرية الترابط الفكري، (الفصل الرابع). وأهم ملامح مثل هذه المحللات ما يلي:

١- إنها لا تبحث عن بناء تركيبي للجملة، ولكن تحاول أن تجد المعنى مباشر في السياق الذي تظهر فيه الجملة.

2- تستخدم قدرا بسيطا جدا من المعلومات التركيبية.

3- تعطي أهمية بالغة لعملية الاستدلال والمعتقدات، ولا تميز كثيرا بين المعلومات اللغوية وغير اللغوية. وتبدأ عملية إيجاد البنية الدلالية قبل الانتهاء من قراءة الجملة بأكملها. ويدعي ريزبك بقوة أن من المحتمل أن تكون هذه هي الطريقة التي نتبعها في فهم اللغة.

ونصف هنا المحلل الذي وضعه ريزبك واسمه «مفسر اللغة الإنجليزية» English Lanugage Interpreter (ELI)[7] وله ثلاث خواص:

أ- يتكون القاموس من قواعد إنتاج Production rules (انظر الفصل الثاني عشر) وهي تؤدي الجانب الرئيسي من التحليل.

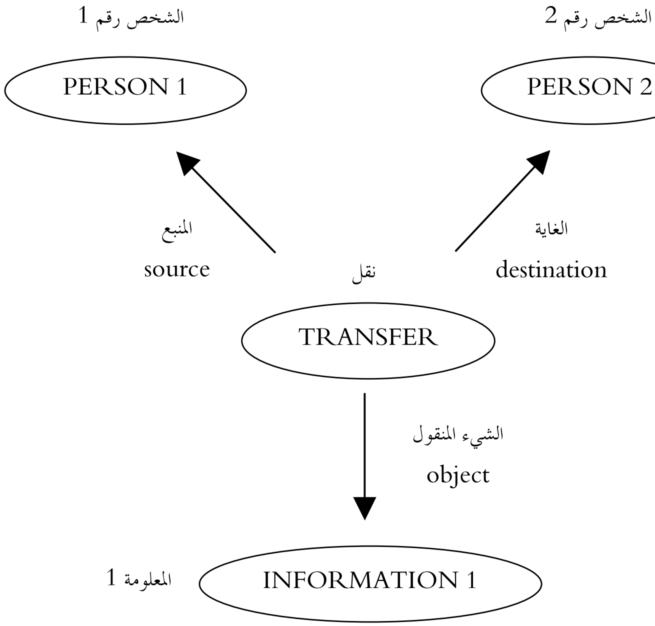
ب- يستخدم قيودا تعبر عن ترابط المفاهيم التي تبنيها لكي تتحكم في استخدام هذه القواعد.

ج- يستخدم وصفا منطقيا شاملا موضحا ترابط المفاهيم.

وهناك نوع خاص من قواعد الإنتاج يسمى الطلب، والتي لها بالإضافة إلى المواصفات المعتادة من القيود والأفعال مجالات إضافية مثل بؤرة الاختبار والمقترحات، وتساعد الأخيرة على تحديد اختبارات إضافية تنفذ في حالة تلبية طلب بعينه.

ويساهم تنفيذ اختبار ما بوجه عام في بناء تركيب بنيوي-دلالي وفي تحديد المعلومات المطلوبة لاستكمال هذا البناء والتي تتمثل في أن كثيرا من الخواص لم تتحدد قيمتها بعد، وعادة ما تكون هذه خواص الفعل، فمثلا إذا كانت الجملة تحت التحليل هي «قال جون لماري إن روبرت سينصرف»، فبمجرد أن يتعرف البرنامج على الفعل «يقول» (في شكل قال)، يقوم البرنامج بالدخول إلي القاموس وينتج عن هذا خلق بنية للمدخل المعجمى المناسب كما في شكل 5- 4. وهنا تتم عملية إحلال الشخص رقم ا ب «جون» وتنتظر عملية استكمال باقي البنية تقدم التحليل بعد ذلك. ويمكننا أن نعبر عن هذا بقولنا إن البنية قد اكتسبت قيمتها الموضعية جزئيا partially instantiated .

وقد تكون هناك قيود يجب مراعاتها في هذه العملية، فمثلا يجب أن يكون person 2 «شخص فعلا» ولكن Information I (معلومةI) يمكن أن تكون فكرة كاملة، (في هذه الحالة «سينصرف روبرت»).



شكل 5 – 4 بنية جزئية تعتبر عن إعطاء شخص معلومة عن نفسه لآخر

ويقوم مترجم اللغة الإنجليزية ELI بالرجوع إلى القاموس عند مراءته الكلمات المدخلة وذلك لاستخراج التعريفات التي يمررها بدوره إلى برنامج فرعي يسمى «ادمج» Incorporate. وينتج عن هذا مجموعة من الطلبات تحمل لذاكرة الحاسب، حيث يتم اختبارها بواسطة برنامج فرعي آخر يسمى «انظر في» consider الذي ينفذ تلك الطلبات التي تتوافر شروطها ويستبعد التي تتناقض مع باقي البنية بذاكرة الحاسب.

مشكلة عائد الضمائر The problem of pronominal reference

المشكلة هنا هي أن نجد الاسم الصحيح الذي يعود عليه الضمير، وهي واحدة من أصعب المشاكل التي يستعصي حلها في عموميتها التامة. انظر إلى الجمل التالية وهى معدنة من مثال لجاك بيترا[8] Jacques Pitrat

أرسل المدرس الولد للناظر لأنه:

1- قد تحمل منه كثيرا .
2- كان يلقي الحجارة.
3- كان يريد أن يراه.

ونحن لا نجد صعوبة في تحديث على من يعود الضمير الغائب وني كل حالة، رغم أنه لا يمكن صياغة قاعدة استدلال منطقية دقيقة تضمن التوصل إلى الإجابة الصحيحة.

وفي هذا المثال لا يوجد ما يمنع أن يكون الولد «قد تحمل منه كثيرا»، رغم أنه يبدو أن الاحتمال الأرجح أن ذلك يعود إلى المدرس، كما أنه لا يوجد ما يمنع المدرس من إلقاء الحجارة، ولكن إذا كان ذلك كذلك فلماذا إذا أرسل الولد إلى الناظر؟ وهل يكون ذلك منطقيا مع السلوك المتوقع من المدرس؟ والسؤال الذي يبرز هنا هو ما هي المعرفة التي نستمد منها ما يجعلنا نحل مثل هذه المشكلة بهذه الدرجة من السهولة؟ والإجابة هو أننا نستخدم مجموعة عريضة متسعة من مواد معرفتنا-التي نكتسبها بالفطرة السليمة commonsense ومن خلال إحساسنا بالعالم حولنا وإدراكنا للعلاقات الاجتماعية والسياسية فيه.

والبرامج الموجودة التي يمكن أن تحل مثل هذه المشاكل قليلة جدا، ذلك أنه من الصعب جدا في ظل التقنية الموجودة حاليا أن نعطي الآلة تمثيلا لكل هذه الأجزاء من المعرفة الفطرية والتلقائية.

ومثل هذه البرامج الناجحة فعلا قد صممت لأهداف محددة جدا وتستخدم طرقا بسيطة للغاية.. وإحدى هذه الطرق أن تأخذ عائد الضمير على أنه الاسم أو المركب الاسمي السابق للضمير، وهناك طريقة أخرى تعطي لكل اسم سابق للضمير رقما يقل كلما بعد الاسم عن الضمير ويزيد كلما وجدت علاقة دلالية معه.

مشكلة العطف والحذف

The Problem of Conjunctions & elliptic constructions

إن استخدام العطف-وهو طريقة مناسبة جدا لربط عبارتين ببعض أو لتجنب تكرار جزء من الجملة-قد يثير بعض المشاكل الدقيقة في تحليل جمل اللغات الطبيعية. انظر إلى هاتين الجملتين:

حضر بول وجون للعشاء.

لعب جيمس الكمان، وآن البيانو.

وبالمثل يمكن أن تنشأ مشاكل من حذف أجزاء من الجملة وتؤخذ على أنها متضمنة:

ما هي عاصمة ألمانيا؟ المكسيك ؟

إن الفكرة الأولى التي تخطر في البال عند التعامل مع مشكلة العطف هي أنه كلما وجد عطف، نحاول أن نجد ما إذا كانت الجملة التالية مباشر متمشية جزئيا على الأقل مع القاعدة النحوية المستخدمة أخيرا. وعلى هذا ففي المثال السابق:

و«آن البيانو»

متمشية جزئيا مع التركيب:

فعل اسم أداة اسم

وهو

«لعب جيمس الكمان»

وما ينقص هنا هو الفعل.

والاحتمالات هنا لسوء الحظ كثيرة جدا، ولا يمكن استبعادها إلا بمعايير دلالية أو بالاعتماد علي الحدس السليم، ومن الممكن أن يكون هناك غموض أساسي مثل:

«مواقف السيارات محجوزة لكبار المسئولين والمديرين»

حيث أنه ليس من الواضح إذا كان يستطيع المديرون استخدام المواقف أم أن ذلك مقصورا على كبارهم فقط؟

وهناك صعوبة أكبر ناتجة عن الاستخدام المختلف لبعض الكلمات التي تشبه المعاملات المنطقية في اللغات الطبيعية، من ناحية واستخدامها في معالجة المعلومات من ناحية أخرى. فلننظر إلى هذا الاستفسار:

كم عدد الحاسبات الشخصية التي بعناها في شمال وجنوب كارولينا ؟

إذا عبرنا عن هذا السؤال باللغة الصورية التي يمكن أن يقبلها برنامج استعلام قاعدة البيانات، فإن الجزء الأخير من الاستفسار والذي يحدد منطقة البيع يمكن التعبير عنه بأي شكل من الأشكال الأربعة التالية:

١- منطقة = شمال وجنوب كارولينا

2- منطقة = شمال أو جنوب كارولينا

3- منطقة = شمال كارولينا أو جنوب كارولينا

4- منطقة = شمال كارولينا وجنوب كارولينا

والشكل الوحيد الصحيح هو رقم (3)، لأن رقم (4) يتضمن تناقضا. إذ لا توجد منطقة يمكن أن تسمى شمال كارولينا وجنوب كارولينا في نفس الوقت. والنقطة الأساسية هنا أن المعاملات المنطقية مثل «و» و«أو» يختلف معناهما في اللغات الطبيعية عنه في المنطق الصوري. وهناك وصف جيد لمشاكل تحليل اللغات الطبيعية في كتب تيري وينوجراد[9] Terry Winogra ووندي لينيرت[10]-Wendy Leh. nert

خاتمة

هناك العديد من المشاكل التي لم تحل في تحليل اللغات الطبيعية. فبالإضافة إلى صعوبة وضع قواعد النحو الصوري التي تسمع بتوليد جمل صحيحة للغات طبيعية فهناك السؤال المنطقي فيما إذا كان هناك فائدة من وراء ذلك، لأننا نستطيع فهم الكثير من الجمل غير النحوية. كما أن غنى اللغات الطبيعية نتيجة للمعاني الكثيرة التي يمكن أن تفهم بها الكلمة الواحدة والغموض واللبس الذي يعطي اللغة الكثير من الجمال، سيظل يجعل تحديد طرق تمثيل معرفتنا بالعالم تحديا رئيسيا.

الحواشي والمراجع

(١) تتميز الإضافة في كل من اللغة العربية والإنجليزية بأنه يمكن إضافة مركب اسمي جديد لكل إضافة وبالتالي تصبح غير محدودة فمثلا نستطيع القول في اللغة الإنجليزية the cousin of the king ويمكن إضافة مركب اسمي لهذه الإضافة فتكون the cousin of the cousin of me king ويمكننا إضافة مركب اسمي جديد لتكون The cousin of the cousin of the cousin of the king.. . وهكذا، ويحدث نفس الشيء في اللغة العربية، فيمكننا أن نقول بائع الحلوى ونضيف اسما جديدا ونقول ابنة بائع الحلوى ثم نضيف اسما جديدا وتمول زوج ابنة بائع الحلوى.. وهكذا (المترجم).

(2) توضح هذه الجملة الطبيعة التكرارية في اللغات الطبيعية. (المترجم).

(3) النحو المحرر من السياق context free grammar يضم قواعد من نوع A->B أي أن كل هـ تتحول إلى B ولا توجد قيود أو شروط على تطبيق مثل هذا النوع من القواعد. وقد استخدم نوم تشومسكي هذا النوع من النحو في عام 1957 عندما قدم نظريته التحويلية في كتابه Syntactic structure. وقد اعتبر تشومسكي في ذلك الوقت أن هذا النحو غير قادر-بمفرده-على تمثيل المعرفة اللغوية ولهذا قدم المكون التحويلي transfonational component. وجدير بالذكر أن هناك نظريات توليدية حديثة تعتبر أن النحو المتحرر من السياق قادر على تمثيل المعرفة اللغوية وأن اللغات الطبيعية في الأساس متحررة من السياق (انظر Gazdar ونظريته في كتاب (1985) Generalized Phrase Structure Grammar

(4) Woods, W. (1970)Transition network programs for natural language analysis, CACM 13 10, pp. 591-606.

(5) نلاحظ هنا أن الجملة الأساسية هي «الولد هو ابن القس»، وهناك عدة جمل اعتراضية وردت بين المبتدأ وخبر الجملة ومع ذلك لا نجد صعوبة في فهم الجملة وأن المقصود بابن القس هنا هو الولد وليس غيره من الأسماء.

(6) Riesbeck, C.K. (1975). Conceptual analysis in Conceptual information processing, Schank (ed., New York, North Holland.

(7) Riesbeck, C.K. (1978), An expectation-driven production system for natural language understanding, in pattern-directed inference systems, Waterman and Hayes-Roth (eds.), New York, Academic Press.

(8) Pitrat, J. (1978), La programmation informatique du language, La Recherche No. 93.

(9) Winograd, T. (1982), Language as a Cognitive Process, Reading, Mass., Addison Wesley.

(10) Lehnert, W. and Ringle, M. (1982), (eds), Strategies for natural language Processing, Hillsdate, N.J., Lawrence Erlbaum.

6 فهم الكلام: بعض جوانب المشكلة

إن الشغل الشاغل لعلماء الذكاء الاصطناعي هو تطوير برامج ودية Friandly للوصل بين أنظمة معالجة المعلومات والذين يستخدمونها، بهدف التوصل إلى المعلومات. وحيث أن الكلام من أكثر وسائلنا الطبيعية للاتصال. فقد انجذب كثير من الباحثين إلى ميدان فهم وتخليق الكلام. وتقتصر معالجتنا في هذا الفصل على مشكلة فهم الكلام، وهي المشكلة الأصعب، وعلى القارئ المهتم بتخليق الكلام الرجوع، على سبيل المثال إلى ويتن (1982)[1] Witten. إن فهم الكلام أكثر صعوبة من فهم اللغة المكتوبة وذلك لعدة أسباب أهمها ما يلي:

ا- تحتوى الرسالة المنطوقة على «ضجيج» قد لا يحمل أي معنى.

2- ويجب طبعا حذف مثل هذه الأصوات التي ليس لها دلالة لغوية أثناء تحليل الكلام.

ب- نطق الكلام نادرا ما يكون مضبوطا، ويختلف نطق نفس العبارة من شخص إلى آخر.

جـ- يختلف نطق المتحدث الواحد لنفس العبارة من وقت لآخر، حسب حالته النفسية

والفسيولوجية.

د- يمكن أن يختلف نطق الصوت الواحد تبعا لما إذا كان ينطق منفردا أو مع كلمات أخرى.

هـ- ليست هناك حدود واضحة في الإشارة الصوتية بين الكلمات التالية، ويمكن أن تكون هناك فترات صمت في منتصف الكلمة، أو غياب، أي توقف بين الكلمات المتتالية.

و- يمكن أن يكون للكلمات المختلفة تماما في الهجاء نطقا واحدا، مثل، pair peeper ‘, right write, rite.

والنتيجة هي أن المدخل إلى برامج تحليل الكلام هو نسيج من العناصر الصوتية تعبر عن الجملة المنطوقة في الأصل. وسيحتوي هذا النسيج على أخطاء لا تقل نسبتها عن 30٪ على أحسن الفروض في الوقت الحالي. وهذا يؤدي بالتالي إلى درجة كبيرة من عدم التحديد في المعالجة الآلية.

وبدءا بهذا النسيج من الأصوات، يمكن استخلاص نسيج من الكلمات بحساب جميع التوافقات الممكنة بين الأصوات في هذا السياق. وهنا يمكن أن تنحصر مهمة برنامج التحليل في أن يجد مسارا مترابطا منطقيا مستخدما جميع المعلومات الممكنة. وقد ثبت أن هذه العولمية من أسفل إلى أعلى bottom up غير وافية للغات التي تزيد درجة تعقيدها عن الحد الأدنى ويجب أن تكمل بعملية معالجة من أعلى لأسفل top down ترشدها معلومات دلالية وتركيبية ومقاماتية pragmatic ومعلومات أخرى على مستوى أعلى.

وتعالج الأجهزة المستخدمة حاليا مشكلة تمييز الكلمات المنفردة. وهذه المشكلة أسهل بكثير من مشكلة تمييز الكلام المستمر، ولكن حتى بالنسبة لتمييز الكلمات المنفردة والتي تحقق أكثر البرامج تقدما فيها نجاحا يوصل إلى5 ,99٪ طبقا للي[3] Lea، فإن هذا لا يكون إلا لمحصول من الكلمات لا يزيد عن 120 كلمة وتتطلب أن ينطقها متكلم واحد مدرب. وهناك أدوات تعمل من سنوات للتعرف على تتابع كلمات خال من أي نجية تراكيبية.

مستويات التعرف Levels of recognition

إذا كانت نقطة البدء هي الإشارة الصوتية، فإنه وفقا لبار Barr[4] يتوقف تحقيق فهم تام لما قيل، على توافر أنواع المعرفة التالية:

أ- الصوتية Phonetic. تمثيل خواص جميع الأصوات الواردة في الكلمات.

ب- الفونولوجية :phonological القواعد التي تحكم اختلاف نطق الأصوات باختلاف السياق وتتعلق هذه القواعد بظواهر مثل الاضغام، والتفخيم. الخ.

جـ- الصرفية morphemic. القواعد التي تحدد كيف تتحد الصرفيات[5] لتكون الكلمات، وتشمل هذه القواعد قوانين الجمع وتصريف الأفعال.. الخ.

د- التطريزية :prosodic وهي القواعد التي تصف الاختلاف في النبر والتنغيم مثل النبر المرتفع في نهاية السؤال.

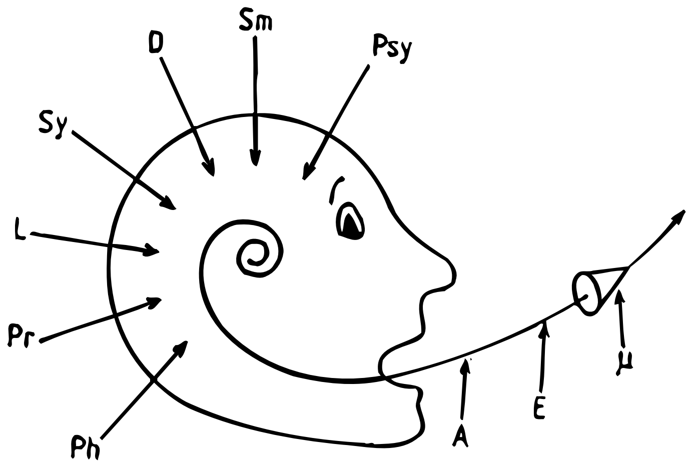
هـ- التركيبية :syntactic وهي القواعد التي تحكم تكوين العبارات والجمل.

و- الدلالية: semantic القواعد استخدام الكلمات والجمل لاستبعاد العبارات والجمل الصحيحة التي قد تكون صحيحة نحويا ولكن غير محتملة الورود.

ز- براجماتية :pragmatics القواعد التي تحكم الكلام والتي تمكن السامع من استنتاج نوايا المتكلم وأن يكون تفسيره لرسالة المتكلم أعلى من مجرد التفسير السطحي للرسالة اللغوية. وتنشأ الصعوبة الكبرى في فهم الكلام من مصدرين للخطأ وعدم اليقين المصاحب لعملية الكلام، ويرجع أحد المصدرين إلى المتكلم. بينما يرجع الآخر إلى السامع. وتحدث كثير من الأخطاء أثناء ترجمة المتكلم أفكاره إلى أصوات، مثل اختيار الكلمات الخطأ و انطقها خطأ أو بوضوح غير كاف، أو تكرار كلمات حين لا يكون هناك ضرورة لذلك، وإصدار أصوات غريبة لا معنى لها مثل تسليك حنجرته أو إصدار أشياء غريبة تفسد من الرسالة اللغوية. وعلى السامع أن يقوم بعكس العملية التي قام بها المتكلم، فهو يبدأ من الرسائل المشوهة.. إلى نوايا المتكلم، ويرتكب أخطاء هي أخطاء في الحكم، لأنه لا توجد قواعد دقيقة تحكم الفهم. ومن الملاحظات العامة أن الاتصال بين الناس تصاحبه أسئلة كثيرة تتطلب التكرار والتوضيح.

في شكل 6- ا ترمز Pay إلى سيكولوجية المتكلم و Smإلى الدلالة و (dis-course) إلى قواعد السياق، و (Sysyntx) إلى التراكيب، و (L(lexical لاعتبارات معجمية، و (pr (prosodic considerations لاعتبارات تطريزية، و (ph (Phonetic

للصوتيات، و A ـ لجهاز النطق عند المتكلم، وE للضوضاء المحيطة، وU للميكروفون.



شكل(6-1) بعض الميكانيزمات التي تؤثر في الرسالة الصوتية (من نيول)[6] Newell

بعض برامج التعرف على الكلام

Some speech-recognition programs

لقد مولت وكالة مشروع الأبحاث المتقدمة (ARPA) بوزارة الدفاع في الولايات المتحدة الأمريكية برنامجا استمر لمدة خمس سنوات (1971- 1976) للبحث في التعرف على الكلام المتصل. وكان هدف البحث هو إنتاج برنامج للحاسب قادر على تحليل الجمل صحيحة البناء من واقع قاموس لغوي يضم جو إلى ألف كلمة وتنحصر الجمل في مجالات محدودة وعلى ألا تتعدى نسبة خطأ البرنامج عشرة بالمائة. وقد نتج عن هذا المشروع عدة برامج منها Speechlis لشركة Beranek and، Bolt (Newman) BBN وكذلك[7] HWIM لنفس الشركة، وعدة نسخ من Hearsay[8] HAARPY[9] لجامعة كارنيجي ميلون، كما طورت SRI international بالتعاون مع System Development Corporation برنامج SRI SDC\[10] و طورت شركة أي ب م[11] برنامجا باسم Dragon كما كانت هناك أعمال مماثلة في Bell Labs.

وقد أدى مجهود مماثل في فرنسا إلى بناء عدة برامج منها:

Centre de Rechareche en Informatique de (CRIN) in MYRTILLE-I and II Laboratoire et de في ESOPE[14] وبرنامج ،[13-12]Nancy d'Informatique فيMechanique pour les Sciences de Centre National d'Etude (CNET) Lannion des وبرنامج[16] بجامعة مارسيليا I'engenieur وبرنامج[15]KEAL Telecommunications وبرنامج ENSER بجرينبول[17].

مشروع هيرساي «اسمع وقل» Hearsay

يعمل هذا البرنامج بطريقة غير هرمية، ويعني ذلك أن استخدام كل من المصادر المتعددة للمعلومات الإضافية التي ذكرت أعلاه (الصوتية.. الخ) يتم بمعزل عن باقي المصادر. ويستخدم Hearsay-II نموذج «السبورة» وقد سمى كذلك لأن كل مصدر من مصادر المعلومات يسجل نتائج أعماله ويزيل النتائج التي تصبح عديمة الجدوى وهكذا.

ويتخذ التحليل تتابعا لمستويات مختلفة يبدأ أدناها بتقسيم الإشارة الصوتية إلى وحدات صوتية ,segments ثم تنظم هذه الوحدات الصوتية إلى المقاطع الممكنة ,Possible syllables ثم تنظم هذه المقاطع إلى كلمات. وتستخدم المعلومات التراكيبية والدلالية في المستوى الأعلى. وقد تم اختبار البرنامج بعبارات لتحريك قطع الشطرنج، ومع أن الحقل الدلالي لتحريك قطع الشطرنج ى ود.. إلا أنه يسمح باستخدام طرق عامة جدا لتمثيل الإشارات الصوتية التي يراد اختبارها.

ويسمح التركيب العام لبرنامج Hearsay لعدد من المصادر المستقلة للمعلومات بالتعاون في حل مشكلة ما. ولقد استخدم هذا البرنامج في مجالات أخرى غير التعرف علي الكلام. فقد استخدم-على سبيل المثال-في الحكم في حركة المرور الجوية. ومن وجهة النظر هذه فإن النسخة الثانية من برنامج Hearsay غالبا ما ينظر إليها «كنظام خبير»، وسنتناول هذا الموضوع في الفصل الخامس عشر.

مشروع ميرتيل Myrtille

تم تطوير ميرتيل ا, 2 في جامعة نانسي بمركز crin. ويمكن لميرتيل اأن يتعرف على جمل محدودة جدا من لغات اصطناعية مستخدما عددا من

المفردات لا تتجاوز المائة. ويستخدم البرنامج نظاما من أعلى لأسفل Top Down ويعتمد كليا على التراكيب. وقد استخدم، ميرتيل 2 في ميدان علم الظواهر الجوية بمفردات يبلغ عددها375 كلمة، ونحو يقارب نحو لغة الحديث بالفرنسية، ويستخدم استراتيجية مزدوجة من أسفل لأعلى ومن أعلى لأسفل، شأنه في ذلك شأن النظم التي تتميز بمثل هذه الدرجة من التعقيد، فيمكنها أن تبدأ تحليل الجملة من عدة نقاط أساسية، مستخدمة طريقة مثل «جزر الثقة Islands of confidence» المستخدمة في HWIM والتي سنصفها في الجزء التالي من هذا الفصل.

وهذه هي الترجمة العربية لبعض الجمل التي يمكن لميرتيل أن يتناولها:

متى سترتفع درجة الحرارة ؟

متى تصل درجة الحرارة إلى الصفر في لورين ؟

هل ستمطر في منطقة نانسي ؟

هل سيقل احتمال وجود طرق ثلجية في منطقة ميز غدا؟

استراتيجيات التحكم Control strategies

تزداد لاختلافات كثيرا بين الطرق المختلفة التي تستخدمها أنظمة التعرف على الكلام للتحكم في استخدام قواعد المعرفة عن الاختلافات في نوع المعرفة المستخدمة: بأنواعها المختلفة-وأنتي سبق الإشارة إليها-من المعرفة الصوتية إلى الدلالية والبراجماتية.

ويتم تمثيل الأصوات في برنامج هاربيHarpy على شكل عقد شكل بياني لشبكات الانتقال المعززة التي وصفناها في الفصل الخامس، بينما تمثل الأقواس المسارات المختلفة التي يمكن أن تتحد فيها الأصوات لتكون المقاطع أو الكلمات. وبهذا تنحصر عملية تفسير الجملة في التوصل إلى المسمار المستمر في الشكل البياني. وذلك يعطي البرنامج نوعا من البناء المتعامل الذي يعتبر أكثر كفاءة من باقي البرامج التي طورت ضمن مشروع Arpa في الفترة من 1971- 1976 من ناحية السرعة، وإن كان ليس من السهل تعديله. ويحلل هاربي الجمل من اليسار إلى اليمين مستخدما إستراتيجية مروحية fan-out strategy والتي قد لا تكون أفضل استراتيجية عندما لا يمكن التعرف على بداية الجملة بسهولة.

وهناك استراتيجية أكثر تطورا-وإن كانت أصعب في التنفيذ-تستخدم

الأجزاء التي تم تحليلها من الجملة ببعض الثقة كنقاط ارتكاز «جزر الثقة- Islands of con fidence» ويتقدم التحليل من «جزيرة» إلى أخرى إما من اليسار إلى اليمين أو من اليمين إلى اليسار. ويستخدم كل من ميرتيل 2 و SRI\SDC هذا المنهج. ويمكن عادة تقليل عدد الاحتمالات التي يجب فحصها باتباع استراتيجيات تركز الانتباه على الموضوع الذي يناقش، واختيار الكلمات الأكثر احتمالا على المستوى الدلالي. ويستخدم برنامج HWIM مزيجا من هذه الاستراتيجية واستراتيجية هاربي، التي تحاول التعرف على كلمة واحدة أو اثنتان من مجموعة كلمات، ثم الاستمرار في التحليل في اتجاهين بدءا من الكلمة التي تم التعرف عليها بدرجة كافية من اليقين.

خاتمة

يتميز أداء برامج التعرف على الكلام في الوقت الراهن بأنه في مرتبة أدنى بكثير من أداء برامج فهم اللغة الطبيعية المكتوبة. ويكمن السبب الرئيسي لذلك في النواقص والأخطاء في تحليل الرسالة الصوتية مما يؤدى إلى بمدم اليقين في التحليل. ويمكن تقليل نسبة الخطأ، نظريا، باستخدام معلومات دلالية وبراجماتية عن موضوع الكلام المراد تحليله. ويتطلب هذا تحديد مجال الاهتمام أو افتراض عالم محدود. وإذا أمكن تحقيق هذا الافتراض فإن إمكانية تقدير توقعات موثوق بها عما سيقال بعد ذلك تختصر مدى الافتراضات الصوتية التي تؤخذ في الاعتبار. إلا أنه ليس من السهل تنفيذ هذا النوع من التفاعل بين المستويات اللغوية المختلفة.

ويمكن القول بشكل عام إن حل الرموز الصوتية بالحاسب سيتحسن بعمل تحليل شكلي للمعلومات الصوتية وتكاملها في أنظمة التعرف على الكلام.

الحواشي والمراجع

(1) Written, J.H. (1982), Principles of Computer Speech, New York, Academic Press

(2) نقصد بالضجيج الأصوات غير اللغوية المصاحبة للكلام. فعندما نتحدث في الشارع، ورغم استماعنا لما يقوله المتحدث إلا أننا نسمع أيضا أصوات أبواق السيارات وحركة الناس، إلا أن اهتمامنا يكون منصبا على الرسالة اللغوية. وأحيانا يكون هناك أصوات لغوية غير دالة في وقت معين عندما نتحدث بينما جهاز التليفزيون أو الراديو مدارا بينما نحن لا ننصت إليه بل ننصت إلى من يحدثنا. والمشكلة بالنسبة للحاسب هي كيف يميز بين الأصوات اللغوية وغيرها من ناحية، وبين الأصوات اللغوية الدالة وغير الدالة من ناحية أخرى. (المترجم).

(3) Lea W. (1980), Trends in Speech recognition, Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall.

(4) Barr A., Feigenbaum E.A. (1982), The AI Handbook, Vol. 1, Kaufmann (ed) Los Altos,، California.

(5) الصرفية Morpheme هي أصغر وحدة لغوية ذات معنى، فمثلا «كتابان»تتكون من صرفيتان على الأقل، الأولى «كتاب» والثانية «أن» وتعني العدد اثنين. وقد كان بلومفيلد، العالم اللغوي الأمريكي أول من عرف الصرفية واستخدمها كوحدة لغوية وأحد مراتب التحليل اللغوي. وتنقسم الصرفية إلى حرة مثل «كتاب» حيث يمكن أن تجيء في أي موقع من الكلام، ومقيدة مثل «أن» في «ولدان» والتي لا يمكن أن ترد إلا مع صرفية أخرى وكذلك هناك الصرفيات الاشتقاقية والتصريفية. (المترجم)

(6) Newal A. (1975), A Tutorial on Speech Understanding System. in Speech Recognition: invited papers of the IEEE Symposium, D.R. Reddy (ed.), New York, Academic Press.

(7) Wolf J., Woods W. (1980), The HWIM Speech Understanding System, in Lea, Trends, pp. 3 16-339.

(8) Erman L. D., Hayes-Roth F., Lesser V. R., Reddy D. R. (1980), The Hearsay-TI Speech Understanding System: Integrating Knowledge to resolve uncertainty, Computing Surveys, vol. 12, no2.

(9) Lowerre B., Reddy R. (1980), The Harpy Speech Under standing System, in Lea, Trends, pp. 340-360.

(10) Walker D. (ed.) (1980), Understanding spoken Language, New York, North-Holland.

(11) Bahl L. R., et al. (1978), automatic recognition of continu ously spoken sentences from a finite state grammar. Proc. of the 1978 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, Tulsa, Oklahoma.

(12) Haton J.P., Messenet G., Pierrel J.M., Sanchez C. (1978) La chaine de comprehension parlee du systeme MYRTILLE-Il, Congres AFCET-TITI, Paris.

(13) Pierrel J. M. (1982), Utilisation de contraintes linguistiques en comprehension automatique de la

parole continue: le systeme MYR TILE-Il, Revue RAIRO/TSI, vol.1, no 5, pp.403- 421.

(14) Mariani J.J. (1982), the AESOP continuous speech under standing system, IEEE-ICASSP, pp. 1637- 1640.

(15) Mercier G., Gerard M. (1981), Les niveaux acoustique phonetique et l'apprentissage dans le systeme KEAL, JEP GALF.

(16) Meloni H. (1982), Etude et realisation dun systeme de re connaissance automatique de la parole continue, These de doctoral detat, Universite dAix-Marseille 2, Luminy.

(17) Groc B., Tuffelli D. (1980), A continuous Speech recogni tion system for database consultation, IEEE-ICASSP, Denver, Co.. pp. 896- 899.

7 برامج بينية ودية باللغات الطبيعية

مقدمة

من الأفضل دائما أن نتمكن من الاتصال بقواعد البيانات أو الأنظمة الخبيرة بلغة طبيعية، وخاصة بالنسبة لمستخدم الحاسب حين لا يكون متخصصا في الحاسب، ولا يكون عنده الحماس الكافي لتعلم لغة برمجة اصطناعية ذات تراكيب جامدة ومنطق قد يتعارض مع طريقته في التعبير عن احتياجاته. وهناك أيضا المستخدم غير المنتظم «العابر»، والذي غالبا ما يكون غير مختص-فلا مبرر لكي نفرض عليه تركيبات لغة البرمجة الجامدة لأنه سوف ينسى قواعد البرمجة بين المرات المتباعدة التي يستخدم فيها الحاسب. وهناك سبب آخر لتوفير برامج بينية باللغات الطبيعية-natural-language interface هو أنه من المحتمل ألا يكون المستخدم على دراية بتفاصيل بنية قاعدة البيانات وعلى هذا يجب أن يكون البرنامج قادرا على أداء حد أدنى من التأويل والتفسير للسؤال. وعلى أي حال فهناك خشية من أن يغالي المستخدم في تقدير ذكاء البرنامج بأن يعتقد أنه قادر على القيام بتفسيرات

واستنتاجات تتعدى في الواقع قدرته. وهنا يعاني المستخدم من الإحباط وفقدان الاهتمام عندما تتضح له قدرات البرنامج المحدودة. وهناك العديد من المديرين بمراتب الإدارة العليا ممن يحتفظون بمحطات طرفية terminals في مكاتبهم يندر استخدامهم لها لعدم الاهتمام الكافي بجعل برامج الحاسب «ودية». ذلك أن البرامج المألوفة ذات القوائم menu-driven تبعث على الملل لأنها تتطلب أن يعمل المستخدم من خلال شجرة تركيبات عميقة في حين أنه يفضل أن يعبر عن احتياجاته مباشر بلغة مألوفة.

البينيات على المستويات المختلفة: Interfaces at different levels:

إن الهدف الرئيسي من البرامج البينية هو أن نخفي عن المستخدم التفاصيل التقنية مثل بنيان قاعدة المعلومات للبرنامج الأساسي الذي يتصل به، وتعمل هذه البرامج البينية على تحويل الطلب كما يعبر عنه المستخدم بالطريقة التي تبدو له طبيعة إلى الشكل الذي يتطلبه برنامج البحث.

وسنعرض هنا مستويين من تطور البرامج البينية: أولهما البرامج البينية الموجودة في شكل مشاريع أبحاث وتطو ير وقد بدأت بالفعل تأخذ شكل المنتجات التجارية، أما برامج المستوى الثاني فهي مازالت موضوع بحث ولن تتوفر على نطاق واسع قبل مضي عدة سنوات.

برامج المستوى الأول:

وهي تسمح للاستفسارات من الأنواع التالية:

1- الاستفسارات التي لا تتطلب القيام بأي استنتاجات، ومثال ذلك «في أي دولة تقع مدريد؟»

2- تلك التي تتطلب بعض الاستنتاجات أو التي تتطلب بعض الحسابات، مثل ما المدة التي يستغرقها القطار لوصول من بروكلين إلى فيلادلفيا؟ ولا يحتمل أن يكون هناك معلومات متوفرة كافية للإجابة على مثل هذا السؤال مباشر. ولكن من المحتمل أن المسافة بينهن أي مدينتين يمكن أن توجد أو تحسب، ومن المعلومات عن متوسط سرعة القطارات يمكن إعطاء الزمن التقريبي الذي قد تستغرقه رحلة القطار بين المدينتين.

3- استفسارات عن المعلومات الموجودة في قاعدة البيانات، مثل ما هي

حقول البيانات التي تحتويها القاعدة؟ ما هي المعلومات الموجودة عن موظفي شركات معينة؟ ويمكن أن نسمي هذا النوع من المعلومات «ما وراء المعرفة- meta knowledge. ومن البرامج التي تعمل على هذا المستوى من الاستفسارات Sa Robotintellect [1] Ladder [2]phir-[3]

المستوى الثاني: من المتوقع أن تظهر الإضافات التالية على قدرات المستوى الأول في السنوات القليلة القادمة:

أ- إجابات ذكية لأسئلة تتسم بالغباء مثل «ما هو أقصر نهر بإنجلترا؟ لمدة كم يوم تعدت درجة الحرارة مائة وخمسين درجة عام 1983 م؟ فالسؤال الأول لا معنى له، ذلك أن مجموعة أطوال الأنهار الإنجليزية شبه مفتوحة- مغلقة عند الحد الأعلى لأن أطول نهر معروف ومحدد ؟ ولكنها مفتوحة عند الحد الأدنى، (فمن المحتمل جدا أن يكون هناك نهر أقصر من أصغر طول مسجل فعلا). والقصر ليس من السمات الهامة بالنسبة للأنهار. وقد درس كولينز[4] هذه المسألة بالتفصيل.

وتجيب معظم البرامج على السؤال الثاني بفحص سجلات درجات الحرارة لعام 1983 م، ثم تعطي الإجابة «لا يوجد»، وقد أشار دانيال كايزر[5]- Daniel Kay ser إلى أننا لا نقوم بنفس العملية الاستدلالية للإجابة على هذا السؤال كما لو كانت درجة الحرارة المذكورة في السؤال هي 25 درجة مثلا، ذلك أننا نستخدم ما وراء معرفتنا.

ب- الإجابة بعبارات مختصرة بدلا من إعطاء قوائم تفصيلية قد تكون أقل فائدة. فمثلا لو كان السؤال «من في المؤسسة يستخدم سيارة الشركة؟ فإن عبارة «الرئيس ونوابه» تعطي معلومات أكثر من مجرد قائمة بأسماء هؤلاء.

جـ- إعطاء إجابات تظهر روح التعاون مع مستخدم البرنامج أكثر من التقيد حرفيا بما يقول. ويوضح كابلان[6] Kaplan ذلك بتتابع الأسئلة ؟والإجابات التالية:

س أ: من هم الطلبة الذين حصلوا على أكثر مرت 15٪ في امتحان الأحياء في يونيو 1983م؟

ج1: لا أحد.

س 2: هل كانت هناك حالات رسوب في علم الأحياء عام 1983 م؟

ج 2:لا .

س 3: كم عدد الطلبة الناجحين في علم الأحياء في يونيه 1983 م؟

ج 3: لا أحد .

حيث يفاجأ السائل بهذه الإجابة، فإنه يقرر أن يسأل سؤالا آخر:

س 4: هل كان هناك امتحان أحياء في يونيو 1983 م؟

ج 4: لا . (وهي إجابة كان يمكن أن تعطى من البداية) .

أحد أدوات بناء البرامج البينية: لايفر :LIFER

يعد «لايفر»[7]-الذي طور في SRI International-نموذجا جيدا لأدوات بناء البرامج البينية باللغات الطبيعية للاتصال بقاعدة البيانات أو الأنظمة الخبيرة. ويتكون لايفر من مفسر لقواعد النحو، بالإضافة إلى مجموعة وظائف تحرير نافعة جدا تساعد المستخدم على تحديد قواعد النحو التي يريد أن يضعها . وهي تستخدم أساسا لوضع الأسئلة في لغة طبيعية، وتتكون كل قاعدة نحو من قالب template يحدد الشكل التركيبي للسؤال المدخل وقالب مخرج معطيا الشكل الذي ينقل به السؤال المدخل إلى قاعدة البيانات. ويهمنا هنا القالب الأول فقط.

إن عملية بناء البرامج البينية تبدأ بتحديد مجموعة من القواعد productions على المستوى الأعلى، ويلي ذلك تحديد مقولات الأشياء التي يمكن أن تظهر على المستويات الأدنى تباعا، منتهيا بكلمات المفردات في مجال الاهتمام. ويوضح شكل 7- 1 شجرة إعراب سؤال لقاعدة بيانات عن البحرية وهو «متى يتم تشغيل. سونار برافو؟

When will Bravo‘ s sonar be operational?

ويمكن تحديد المقولة Category بعدة طرق:

1- بواسطة قائمة تعطي بوضوح القيم المختلفة للمقولة:

(حيوان): = (كلب/قطة/حصان) .

2- بواسطة المحمول predicate، الذي يجب اختبار حقيقته. ويصبح هذا تمثيلا هاما عندما تكون مجموعة القيم لا نهائية، ولكن يمكن تعريفها بصفة أو خاصية، وذلك مثل الأعداد الزوجية مثلا . كما أن هناك حالة مهمة أخرى، وهي عندما يكون الانتماء للمقولة معقدا نسبيا ويعبر عنه

بواسطة أجزاء من البرنامج والتي تكون في الواقع المحمول.

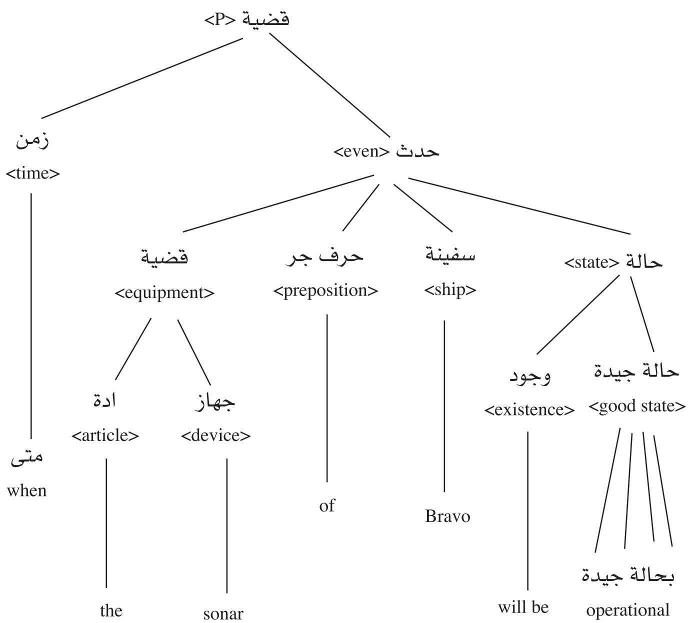
3- تكراريا بواسطة سلسلة من المقولات.

إن أحد ميزات لايفر هي قدرته-إلى حد ما على الأقل-على معالجة التركيبات المحذوفة. ولهذا علاقة مباشر بالأسئلة الناقصة حيث يكون هناك إشارة ضمنية إلى سؤال سابق كما في التتابع التالي، وتعني هنا كلمة «مفهوم» أن البرنامج قد «فهم» السؤال.

س: كم يبلغ راتب جون سميث ؟

ج: مفهوم.

موظف رقم 10324 راتب 15500 .



شكل 7-1 شجرة إعراب «متى سيكون سونار برافو جاهزا للعمل؟

(يعطي البرنامج رقم الموظف في الشركة وكذلك راتبه)

س: وجاك روبنسون ؟

ج: مفهوم

موظف رقم 31416 راتب. 28750.

ويسمح لايفر أيضا للمستخدم أن يعرف اصطلاحات وأن يعطي مرادفات دون أن يحتاج لمعرفة كيفية بناء قاعدة البيانات في الآلة، وبذلك يمتد القاموس آليا ويوضح ذلك الحوار التالي:

المستخدم: لنجعل كلمة «مكافأة» اسما جديدا للراتب.

لايفر: مفهوم.

المستخدم: كم تبلغ مكافأة جيمس جويس ؟

لايفر: مكافأة-مكافأة (يصحح الهجاء).

موظف رقم 261828 راتب 5000.

وقد استخدم لايفر في تطوير برنامج LADDER\INLAND[7]، لتحقيق معلومات قاعدة بيانات متعلقة بالسفن البحرية، وقد صدر من هذا البرنامج نسخ باللغتين السويدية والفرنسية[8]. ونعرض فيما يلي نموذجا لنوع الأسئلة التي يمكن أن توجه له. وتعني كلمة «نعم» أن البرنامج قد استطاع الإجابة على السؤال دون أي لبس أو غموض.

أي دولة لديها أسرع غواصة؟-نعم.

كم تستغرق أسبرو Aspro لتصل إلى موقع 34-00 N 43-15W ؟ نعم.

متى تنزل شارك Shark إلى البحر؟-نعم

أي سفن أنجولية سجلت حمولة تزيد عن خمسة أطنان؟-نعم.

هل توجد أي حاملة طائرات بها رادار معطل ؟-نعم.

متى يمكن تجهيز سفينة فوكس fox؟ نعم.

متى يمكن إصلاح سونار سفينة تشارلستون Charleston؟ نعم

الرادرار؟-نعم (اختصار سؤال «متى يمكن إصلاح رادار تشارلستون).

ما هو أقرب ميناء تزويد وقود لتايتانيك ؟-نعم.

أي سفن موجودة شمال خط الاستواء؟-نعم.

جنوب N 6 5-12؟ (اختصار أي سفن موجودة جنوب N 6 5-12 ؟).

إنجليزية؟ لا (طريقة تناول الاختصار تفشل هنا لأن «إنجليزية» ليس لها نفس تركيب «جنوب موقيم»، السؤال غامض ويمكن أن يعني إما:

ما هي السفن الإنجليزية؟ أو:

ما هي السفن الإنجليزية الموجودة جنوب N 6 5-12 ؟)

هل توجد أي سفن على بعد مترا ؟-نعم.
تبحر بسرعة 12 عقدة-نعم (اختصار «هل سمعناك أي سفن.. عقدة؟)
أي سفن تبحر تحت العلم النيجيري؟-نعم
يتوقع وصولها إلى Le Havre ؟-نعم (اختصار «أي سفن يتوقع وصولها إلى Havre ؟

ملاحظة: يقوم منهج تناول الاختصارات بمقارنة مركبين فعليين، ولذلك لا ينظر البرنامج إلى السؤال عن أي سفن ليبيرية يتوقع وصولها إلى Le Havre.

أعطني عمق وطول السفينة فوكس ؟-نعم.
ما هو اسم الضابط المسؤول على السفينة أسبرو؟-نعم.
ما هو المسار المنحرف من سان دييجو إلى جبل طارق؟-نعم
ما هو بعد السفينة فوكس عن السفينة Fall River؟-نعم
أي ناقلة من طراز Zulu-5 موجودة شمال خط الاستواء؟ نعم.
متى تترك السفينة ناوتيلوس فينزيلا؟-تصحيح-فنزويلا-نعم
هل ستحتاج سفينة جاتو تهوية في اليومين التاليين؟-نعم
متى تصبح السفينة أدرويت جاهزة للعمل؟-نعم
ما هو ميناء موطنها؟-نعم
كم عدد السفن التي يوجد طبيب على متنها في البحر الأبيض المتوسط؟-نعم

ومن بين البرامج الأخرى التي بها برامج بينية باللغات الطبيعية للاتصال بقاعدة البيانات برنامج بلينز[9] Plaines, متمشيا مع البرنامج السابق ويختص بالطيران.

وليس لبرامج هذا النوع نفس الدرجة من القوة في جميع الأحيان: فهي تعمل جيدا طالما وضع السؤال الموجه لها بطريقة مباشر وطبيعية وغير غامضة، ولكن سرعان ما يتدهور البرنامج عندما تكون الأسئلة غير محددة أو غامضة، أو عندما يسعى المستخدم للإيقاع بالبرنامج عن عمد. وبذلك تكون الطريقة الطبيعية لوضع السؤال كالآتي:

كيف مات فرانكلين روزفيلت ؟

بينما تكون طريقة السؤال أقل طبيعية إذا وضع كالآتي:

هل سبب موت فرانكلين روزفيلت معروف؟
بينما تكون الطريقة التالية أقل طبيعية بكثير:
لماذا مات فرانكلين روزفيلت ؟ (استخدم النص الإنجليزي استعمالا شائعا ولكنه عامي ليعبر عن الوفاة Why did Franklin Roosevelt kick the bucket? ويسبب مثل هذا الاستعمال مشاكل بالحاسب. المترجم).

وليس هناك من الناحية النظرية حد أقصى لدرجة تعقيد الجمل التي يقبلها الإنسان، أو مستوى شاعريتها، وأي سؤال يمكن أن يوضع بطرق مختلفة عديدة جدا، ومن المستحيل-في الحالة الراهنة من التقدم العلمي- أن نتنبأ ونبرمج الحاسب لتناول جميع الاختيارات المتوفرة للمستخدم.

بعض الإمكانات الحالية: Some Immediate Possibilities

هناك عدة تطبيقات حالية لتقنية فهم اللغات الطبيعية، وفيما يلي قائمة بتلك التطبيقات التي أعدها والتس Waltz[10]:

1- المساعدة في الترجمة من لغة لأخرى، ولكن ما زال هناك احتياج أن يراجع الإنسان ترجمة الآلة كي يحل الغموض ويحسن الأسلوب.

2- القدرة على «فهم» الوثائق وتلخيصها، والتي منها يستطيع القارئ بسرعة أن يقرر ما إذا كانت الوثيقة تحتوي على المعلومات التي يبحث عنها أم لا. وقد وصلت البرامج الموجودة حاليا إلى مستوى متواضع من الفهم في الحالات التي يكون موضوع النص فيها عاما دون قيود، ونادرا ما تتعدى البحث عن الكلمات المفتاحية keyword searches.

3- المساعدة في إعداد النصوص بأداء قدر كبير من العمل المنوط بالمراجعين مثل الكشف عن الأخطاء الهجائية والنحوية واقتراح إعادة الصياغة بهدف تحسين نوعية النص.

4- توليد الوثائق، بتحويل المعلومات المخزنة بلغة صورية إلى نص بلغة طبيعية، ويمكن التحكم في الأسلوب حتى يناسب أي نوعية من القراء.

5- تطبيقات مختلفة مثل التحكم في الاتصال بقواعد البيانات الكبيرة، والتحكم في الإنسان الآلي الصناعي، وتوفير معلومات معبر عنها بدقة والمشورة في ميادين تخصصية (طبية، قضائية.. الخ)، بواسطة الأنظمة الخبيرة.

المراجع

(1) Harris L. (1977), Robot, a high performance natural language data base query system, TJCAI-77, pp. 903- 904.

(2) Sacerdoti, E.D. (1977) Language access to distributed data with er ror recovery, IJCAI-77, Cambridge, Mass.

(3)) Erli (1983), SAPHIR, presentation generale, Rapport de la Societe detude at Rechereche en Linguistique et Informatique.

(4) Collins A. Warnock E.H., Aiello N. Miller M.L. (1975), Rea soning from incomplete knowledge,in Representation and Under standing, Borbrow and Collins (eds.), New York, Academic Press.

(5) Kayser D. (1984), Examen de diverses methodes utilisees en repre sentation des connaissances, Congres dintelligence Artificielle et re connaissance des formes, Paris.

(6) Kaplan S.J. (1982), Cooperative responses from a portable nat ural language query system,Artificial Intelligence, Vol. 19, 2, pp. 165- 188.

(7) Hendrix G. (1977), the LIFER manual: A guide to building nat-ural language interfaces. Technical note 138, SRI International Men-lo Park, California.

(8) Bonnet A. (1980), Les granimaires semantiques, outil puissani pour interroger les bases de donnees en langage nature!, RAIRO In formatique/Computer Science, Vol. 14, 2, pp. 137- 148.

(9) Waltz D.. Goodman B. (1977). Writing a natural language database system, IJCAT-77, pp. 144-150 MIT Press Cambridge, Mass.

(10) Waltz D. (1983), Artificial Intelligence: an assessment of the state-of-the-art and recommendations for future directions, AL Mag. azine, Fall 1983, pp. 55- 67.

8 فهم النصوص

مقدمة

تركز البحث في الفترة المشار اليها في الفصل السابع حول فهم الجمل المنفصلة، وقد أثار ذلك عدة مشاكل: فأولا يندر أن يضطر الإنسان إلى تحليل الجمل بمعزل عن السياق الذي ترد فيه، كما أننا كثيرا ما نعطي إجابات غير مباشرة للأسئلة التي تطرح علينا.

انظر مثلا إلى الحوار التالي:

س: أين آلة تصوير المستندات؟

ج: إنها مكسورة.

من الواضح أن الشخص الذي سئل افترض أن السائل يود استخدام آلة تصوير المستندات- وهو استنتاج قد يكون صحيحا ولكن ليس بالضرورة كذلك- وأنه في الحالة الراهنة للآلة لن يتمكن من استخدامها، ولذلك فجوابه بأنها مكسورة أكثر فائدة من إعطائه إجابة مباشرة للسؤال بأنها في غرفة رقم 508 مثالا.

ويخبو تدريجيا الاهتمام بتحليل الجمل المنفصلة، ويهتم حاليا عدد من الباحثين بالعلاقات السببية في النص والذي تعطيه المعنى القصصي، وبدوافع المشاركين في الأحداث والتي بدونها لا

نستطيع فهم ما يجري في النص. ويأخذ تطور هذه الأبحاث صورتين أثنتين:

أولا: مع تطور نحو القصة «story grammar» وفكرة النص سيتجه الاهتمام إلى الشكل البنيوي للرواية.

ثانيا : سيتركز الاهتمام على دوافع المشتركين في ألحدث اللغوي وخاصة الطرق التي يتبعونها لتحقيق أهداف معينة.

أنحاء الرواية story grammars

نشأت هذه الفكرة من ملاحظة أن معظم القصص لها بنية تتكون من سلسلة من الأحداث، مثلما تتكون العبارة من سلسلة من المجموعات التركيبية. ولقد حذا روميلهارت[1] Rumelhart حذو بروب[2] Propp في التركيز على القصص الخرافية، التي غالبا ما تتميز ببنية بسيطة: فهي تبدأ بتقديم الشخصيات» في يوم من ذات الأيام كان يوجد ...... »، يلي ذلك سرد حدث هام » وذات يوم، عندما كان يسير على ضفة النهر...... »، ويحدد هذا ميكانيكية الحبكة في تحركها، مؤديا في النهاية الى حل العقدة أو إلى موعظة. ولنا تعليقان على هذه الطريقة في تناول المشكلة. الأول أنها مقصورة على البنية البسيطة جدا، والثاني أنه يمكن التعرف على المجموعة الفعلية في النص بسهولة أكثر مما يمكننا التعرف على «الموعظة». وبقدر ما أعرف، لا يوجد برنامج يعمل بهذه الطريقة.

النصوص «السيناريو» Scripts

من الواضح أن برنامجا مثل مارجي MARGIE- الذي سبق أن وصفناه في الفصل الرابع- سيقوم بعمل عدد كبير من الاستنتاجات التي تقع خارج سياق المادة موضع البحث، وهناك في الواقع مخاطرة أن يتسبب التفجر التوافقي combinatorial explosion في إفشال محاولة الحد من عدد الاحتمالات المطروحة. وقد أمكن التوصل إلى حل جزئي للمشكلة باستخدام فكرة «النصوص أو السيناريو» لربط الجمل المتتالية وفرض قيود كالعلاقات السببية.

وكان كل من روجر شانك وروبرت ابيلسون[3] Robert Abelson أول من

قدم فكرة استخدام السيناريو. وتتلخص الفكرة في أن السيناريو يتكون من تتابع مقنن للأحداث التي تميز بعض المناسبات العامة كالذهاب إلى السينما أو إلى مطعم أو إلى الكوافير، وهذا المفهوم قريب جدا من مفهوم الإطار frame لمارفين مينسكي، الذي نصفه في الفصل الثالث عشر، ونقدم جزءا من نص» المطعم » في شكل 8-1.

والنقطة الرئيسة التي قدمها شانك وأبيلسون هي أن معرفة السيناريو لمناسبات مختلفة شرط ضروري لفهم الطريقة التي تترابط بها الأحداث المختلفة في أي قصة. ويصف السيناريو العلاقات السببية بين الاحداث المختلفة كما أنه يمكن الحاسب من التوصل الى الاستنتاجات، وتخمين الأشياء المتضمنة التي لم تذكر صراحة، وملء الفراغات في القصة التي تروى كما يفعل القارىء البشري بالضبط بما في ذلك احتمال الخطأ.

يوضح شكل 8-1 ذلك الجزء من سيناريو «المطعم» الذي يبين المحيط العام بينا يتكون الجزء الباقي من عدد من الأحداث الرئيسية: دخول الزبون، اختيار وطلب الطعام، الوجبة، دفع الحساب والانصراف. ولاختيار وطلب الطعام ثلاثة سيناريوهات فرعية حتى تناسب ظروفا وحالات مختلفة.. وهكذا.

الموجودات

مناضد، قائمة الطعام، أطباق، نقود، فواتير الحساب...

الأفراد

الزبائن، الجرسون/ الجرسونة، محصل النقود، المدير، الطباخ....

شروط الدخول

أن يكون الزبون جائعا

أن يكون لدى الزبون نقود

النتيجة

لدى الزبون نقود أقل مما كان لديه قبل الدخول

الزبون لم يعد جائعا

الزبون سعيد (ربما)

مدير المطعم لديه نقود أكثر

شكل 8-1 الخطوط الرئيسية لسيناريو «المطعم»

برنامج SAM

يرمز SAM إلى ميكانيكية تطبيق السيناريو "Script Mechanism" لروجر شانك وزملائه[4] بجامعة ييل. ويستطيع هذا البرنامج «فهم» وصفا قصصيا كالآتي:

«انحرفت سيارة عن الطريق السريع رقم 6 بعد أدن اصطدمت بالحاجز الرئيسي مساء يوم الجمعة الماضي. وقتل الراكب فرانسيس دراك من وارنجتون في الحال وفقا لما قرره دكتور لويس باستور. وقد أخذ السائق أندرو مارفل المقيم في 59 شارع ميديل ستريت بلانكستر إلى المستشفى بواسطة فريق الإنقاذ وسمح له بالذهاب إلى منزله بعد يومين. ولن توجه أي اتهامات، وسيقوم مفتش البوليس سيكستون بلاك بالتحقيق في ظروف الحادث».

وبإدخال هذا النص إلى الحاسب، أخرج البرنامج الملخص التالي:

«منذ أربعة أيام اصطدمت سيارة بالحاجز الرئيسي في طريق رقم 6 وقتل فرانسيس دراك المقيم في وارنجتون، كما جرح السائق أندرو مارفل المقيم في 59 شارع ميدل ستريت بلانكستر ولم يواجه البوليس أي تهم لأحد».

كما أخرج البرنامج الملخص باللغة الأسبانية.

واستطاع الإجابة على الأسئلة المتعلقة بالحادثة على الوجه التالي:

1- هل قتل أحد؟

نعم،. قتل فرانسيس دراك.

2- هل جرى أحد؟

نعم، لقد جرح أندرو مارفل جرحا سطحيا.

3- لماذا جرح أندرو مارفل؟

لأن السيارة اصطدمت بالحاجز الرئيسي.

4- هل أخذ أندرو مارفل إلى المستشفى؟

نعم، لقد أخذ أندرو مارفل إلى المستشفى.

5- كيف أخذ أندرو مارفل إلى المستشفى؟

أخذ فريق الإنقاذ مارفل إلى المستشفى.

ويستخدم برنامج SAM سيناريو حادث السيارة Car Accident مع

سيناريوهات فرعية عديدة مثل سيناريو عربة الاسعاف Ambulance الذي ساعد على الاستنتاج الخاص بأن جرح أندرو مارفل كان سحطيا، وهي عبارة لم تكن موجودة في النص الأصلي، بإقامة علاقات سببية معينة، خاصة بين «سيارة اصطدمت بالحاجز» و «جرح السائق»، ولاشك أن هذا استنتاج بديهي.

ومن النقاط الهامة هنا أن البرنامج لم يستخرج العناصر الأساسية للحادث فحسب، ولكنه يحول العبارات المختلفة بدلا من أن يعيد ببساطة نفس العبارات كما وردت في النص الأصلي. وفي الواقع يقوم SAM بترجمة النص الأصلي إلى تمثيل داخلي مستقل عن الشكل السطحي للغة، ويقوم بتوليد تلخيصات بلغات طبيعية مختلفة من هذا التمثيل الداخلي، والتخليص بالأسبانية مثالى على ذلك.

برنامج BAOBAB

تم تطوير برنامج BAOBAB[6,5] في إطار برنامج الخبير الطبي مايسين MYCIN (انظر الفصل السادس عشر) ويستخدم قاعدة معلوماته لتحليل تاريخ الحالات المرضية التي كتبها الأطباء في لغة شبه طبيعية. ومن المألوف في مجال الأبحاث المعاصرة حول بنية الحوار افتراض أن الأطباء يعبرون عن تاريخ حالات المرضى بشكل نمطي عام إذ أن كل تاريخ يمكن أن يقوم إلى تتابع متصل من الأحداث وأن معرفة هذا النمط يساعد كثيرا في عملية الفهم. ويتضح مستوى قدرة البرنامج على الفهم من استطاعته القيام بالمهام التالية:

- الإعراب عن نقص معلومات معينة.
- التوصل إلى الاستنتاجات.
- التأكد من صحة اتساق الحوار.
- مقاطعة مستخدم البرنامج- عند الضرورة- بطلب توضيح بعض النقاط مثلا.
- أداء حوار بلغة طبيعية بهدف التوصل إلى شيء مع استخدام البرنامج للنحو الدلالي.

ويبين شكل 8-2 نمونجا للعالم الذي يعيه برنامج BAOBAB في شكل

تتابع من الأوصاف المنطقية. ويتكون كل من الأوصاف المنطقية من هيكل بيانات يشمل معاملات من ثلاثة أنواع: الضرورية وهي التي يتحتم إعطاؤها، والمهمة ولكن ليست بالضرورية، وتلك التي تكون ذات فائدة. ويمكن هذا التسلسل الهرمي البرنامج من مقاطعة الطبيب إذا لم يعط إحدى المعاملات الضرورية، أو إذا بدا أن هناك تغييرا في الوصف المنطقي دون وجود ما يشير إلى العودة للوصف المنطقي السابق.

وفيما يلي مثال لحوار بين برنامج BAOBAB وأحد الأطباء:

البرنامج: صباح الخير

الطبيب: أسباب الدخول: رعشة- صداع- غثيان

البرنامج: تم تسجيل الأعراض

الطبيب: تاريخ الدخول: 25 ديسمبر 1978

البرنامج: فهمت أن: المريض أدخل المستشفى منذ أربعة أيام.

(استنتاج من تاريخ الدخول)

الطبيب: آني من الهند الغربية و26

البرنامج: فهمت أن:

اسم المريض آني

عمر المريض 26 عاما

جنسية المريض الهند الغربية

(الجنسية يمكن أن تؤثر في احتمال أمراض معينة)

الطبيب: عانى المريض من رعشة وصداع في اليوم السابق لدخوله المستشفى.

البرنامج: جنس المريض؟ (يقاطع Baobab الطبيب لأن الطبيب قد غير الوصف المنطقي دون أن يعطي جنس المريض)

الطبيب: أنثى

البرنامج: فهمت

الخطط "PLANS"

يستخدم التحليل الذي وصفناه في الفقرات السابقة واحدا أو أكثر من السيناريوهات القياسية؟ فعند معالجة وصف لتناول الغداء في عربة الطعام

بالقطار يتم الرجوع إلى سيناريو «المطعم» وسيناريو «القطار». إلآ أنه من الواضح استحالة توفير سيناريوهات تغطي جميع المناسبات، كما أنه من المحتمل وجود بنية مجردة لا يمكن ضمها داخل المفهوم المقنن للسيناريو. خذ مثلا المثال التالي:

«علم جون أن العملية الجراحية التي ستجريها زوجته باهظة التكاليف... حسنا هناك العم ويليام... وتوجه ليحضر دليل التليفون... »

من غير المحتمل أن يكون هناك سيناريو جاهز «لعملية جراحية» لأن ذلك يكون محدودا جدا، ولكن من المحتمل جدا أن توجد خطة عامة «كيف تجمع المال»، والتي يمكن أن تشير إلى امكانية الحصول على قرض من العم ويليام، وبالتالي الحاجة إلى معرفة رقم تليفونه.

وقد استخدمت مجموعة شانك مفهوم الخطة، والتي تصف عددا من طرق العمل لتحقيق هدف محدد سلفا. وقد حدد جيرارد سابا[7] عددا من القواعد التي تحكم سلوك الشخصيات الروائية بشكل يفسر أهدافهم وتصرفاتهم. ونعرض استخدمات أخرى لهذا المفهوم وخاصة فيما يتعلق بالشطرنج في الفصل الرابع عشر.

ونحن البشر نستخدم خططا كي نفهم عبارات وجمل غير مترابطة سطحيا. فلننظر إلى المثال التالي المأخوذ من وصف روبرت ويلينسكي لبرنامجه[8] PAM: (Plan Applier Mechanism).

كانت ماري جائعة.

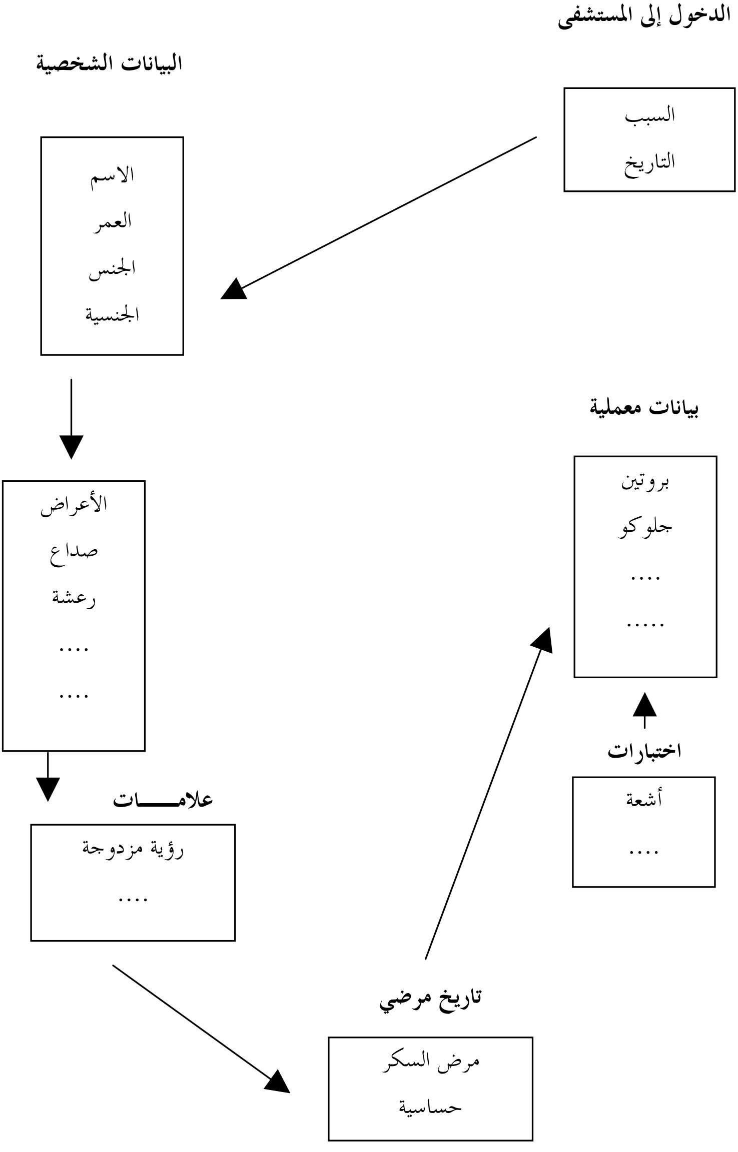
مدت يدها لتناول دليل ميشلين.

ليس هناك أي معنى للجملة الثانية إلا بقدر ما تلعب من دور في تحديد خطة العمل الذي يمكن استنتاجه من الجملة الأولى. وقد علق شانك بأنه لو استبدلت الجملة التانية ب »مدت يدها لتناول مدخل الذكاء الاصطناعي «لبدا ذلك شاذا» جدا.

وفيما يلي قصة تناولها برنامج PAM

احتاج جون إلى نقود. تناول مسدسا ودخل محلا، أمر صاحب المحل أن يناوله النقود. أعطاه صاحب المحل النقود ورحل جون.

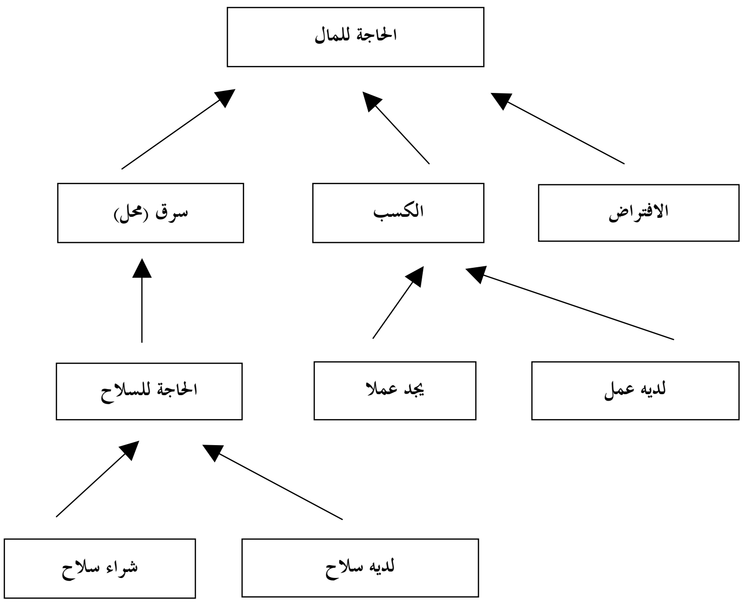
واستطاع برنامج PAM أن يجيب على أسئلة حول هذه القصة وفيما يلي مثال لذلك:



شكل 8 – 2 السجل الطبي للمريض ببرنامج BAOBAB

المستخدم: لماذا أخذ جون مسدسا؟
البرنامج: لأنه أراد أن يسرق المحل.
المستخدم: لماذا أعطى صاحب المحل النقود لجون؟
البرنامج: لأنه لم يرد أن يصاب.
المستخدم: لماذا انصرف جون؟
البرنامج: لأنه لم يرد أن يقبض عليه.

وتأتي قدرات PAM في هذه الحالة من معرفته بخطة «كيف تجمع المال» فمع وجود هدف جمع المال، يمكن تصور عدة طرق لتحقيقه كما هو موضح في شكل 8-3.



شكل 8 – 3 خطة عمل في برنامج PAM

وإحدى هذه الطرق هي »السطو على (محل) « حيث يمكن أن تشمل مقولة «محل» البنوك أيضا. ويحتاج المرء أن يكون مسلحا كي يسطو على محل أو بنك، مما يفسر حمل المسدس والإجابة على السؤال الأول أعلاه. وتعتمد إجابة السؤالين الآخرين على سيناريو «السطو على محل» والتي

تضم نوعين من الشخصيات، شخصيات السارقين وشخصيات المسروقين. وتفسر تصرفات كل منهم بعدد من الدوافع، فالقائمون بالسطو يريدون الحصول على المال دون أن يقبض عليهم، أما المسروقون فهم لا يريدون أن يصابوا بأذى... وهكذا. وتتميز هذه النماذج ببساطة التركيب والسطحية، ولأنها صممت لموقف خاص فإنه لا يمكن تعميمها إلى مدى بعيد.

قصور فكرة السيناريو Limitations of Scripts

نظرا لأن بعض السيناريوهات قد عبر عنها في شكل أجزاء من معرفة نمطية فإنه من الصعب إعداد عمليات أو مواد معرفية مشتركة بين عدد من السيناريوهات إذا لم تكن لهذه السيناريوهات نوعا من البناء الهرمي حيث يمثل كل منها تخصصا أدق لما يعلوه. فسيناريو «المطعم» على سبيل المثال يحوي جزءا «وجبة الطعام» والتي تشترك في سيناريو «الأكل في المنزل»، ولكن من الصعب أن نعمم سيناريو «رفض الزبون الدفع» في المطعم لأن شريحة اللحم طبخت أكثر من اللازم إلى موقف عام «رفض الزبون الدفع» بسبب الخدمة السيئة والذي يمكن أن يرد في سيناريو جراج السيارات[9]

ويقص روجر شانك القصة التالية[10]

كنت دائم الشكوى لأن زوجتي لم تطبخ لي اللحم أبدا كما أرغب. وفي يوم عندما كنت أشكو من ذلك لبوب أبيلسون قال لي: «ذلك يذكرني بأنني عندما كنت في زيارة لإنجلترا، أردت أن أقص شعري قصيرا جدا- وكانت هي الموضة في ذلك الوقت بأمريكا- ولم يستطيعوا قط أن يقصوا لي شعري كما أردت». والسؤال المطروح هنا هو، ماهي النقطة المشتركة في هذين الموقفين؟ يبدو أنها تشبه «طلب شيء غير مألوف وعدم الحصول عليه». ويتناول الجزء التالي منهجا تجريبيا لمشكلة تحديد النقاط العامة في سيناريوهات مختلفة.

مجموعات تنظيم الذاكرة

Memory Organization Packets (Mops)

تمكن مجموعات تنظيم الذاكرة Mops- شأنها شأن السيناريو- عملية

التحليل من التوقف حتى تتوفر شروط معينة ولكنها على عكس السيناريو ليست أجزاء منفصلة من المعرفة بل تشمل روابط تفسر وتربط فقرات المعرفة المختلفة التي تتكون منها. وتهدف مجموعات تنظيم الذاكرة إلى تمثيل الخصائص الإنسانية العامة كالرغبة أن تكون على حق، أن تكون سعيدا، أو الخروج فائزا من المنازعات. وتفسر مثل هذه الخصائص العامة- على درجة عالية نسبيا من التجريد- كثيرا من أساليب سلوكنا.

وقد استخدمت طريقة Mop لتمثيل المعرفة في برنامجين معينين هما: Bops(12) الذي يهدف إلى تحقيق فهم على قدر من العمق لدوافع الأفراد المشتركين في حالات الطلاق. والبرنامج الثاني Cyrus(13) يمثل فترات مختلفة من حياة الدبلوماسي الأمريكي سيروس فانس.

وقد صمم برنامج سايروس Cyrus لاختبار صحة الفرضية التي وضعها عدد من علماء النفس وعلى وجه الخصوص بارتليت(14) Bartlett حول ميكانيكيات إعادة البناء المتضمنة في عمليات الحفظ والاسترجاع. وتنحصر أهمية محاولة بناء برنامج كهذا في انه يضطرنا إلى إعطاء جميع التفصيلات وإلى التحلحل العميق للعمليات العقلية التي نعتقد إنها متضمنة في عمليات الاسترجاع عندما لا نكون متأكدين من الأسس النفسية لهذه العمليات.

وتعود أصالة برنامج سايروس أساسا إلى الطرق التي تنظم بها ذاكرته. وتنظم الأحداث التي يمثلهاع ه 7 في ثلاث طرق مختلفة:

- هرميا hierarchically
- بالعلاقات السببية والزمنية وعلاقات اخرى لخصائص محددة
- بواسطة العلاقات بين الفهارس.

إحياء برامج الترجمة الآلية

يرجع عدم نجاح برامج الترجمة الآلية في حقبة 1950- 1960 إلى انعدام جانب «الفهم» في البرإمج المصممة لتحقيق الترجمة. فقد اقتصرت هذه البرامج على التلاعب بكلمات اللغة بنفس الطريقة التي تتناول بها أي رموز، ولم تأخذ في الاعتبار حقيقة أن اللغة هي أداة التواصل وتبادل الأفكار بين البشر.

أما اليوم فهناك منهجان رئيسان لمعالجة الترجمة الالية: ففي المنهج

الأول يتحول النص في الاتجاه الأول إلى شجرة إعراب لكل جملة، يمكن تعزيزها بمعلومات دلالية تؤخذ من القاموس، ويتم تحويلها إلى اللغة الأخرى. بواسطة قواعد تحويلية [15، 16]. والمنهج الثاني لا يعتمد كثيرا على التراكيب ولكنه يستخدم تمثيلا أكثر تفصيلا لمفاهيم الجملة، وبالتالي فهما أعمق للمحتوى الدلالي للنص، وقد استخدم يوريك ويلكز [17] ومجموعة شانك المنهج الثاني، وسنعرض فيما يلي عدة نماذج لأعمالهم.

وقد استثمر برنامج SAM كلا من إمكانات السيناريو وتمثيل الترابط الفكري للجملة من أجل التوصل إلى معاني الجمل المدخلة في عدة لغات، وبالذات اللغتين الروسية والإسبانية، ولهذا أبعاد مختلفة في الترجمة الآلية:

1- تحليل الجملة المدخلة في لغة المصدر مؤديا إلى وصف منطقي وفق الترابط الفكري

2- توليد النصر المخرج في لغة الهدف، مستخدما شبكات تمييزية كلما واجهت كلمة ذات معان متعددة في التمثيل الداخلي.

وسنركز على المنهج الثاني هنا، فنلاحظ أن هذا المنهج الذي يستخدم لغة داخلية مستقلة عن اللغة المدخلة، يتطلب عد د 2 ن من البرامج للترجمة بين عددن من اللغات الطبيعية، بينما يتطلب منهج التحويل ن (ن-1) من البرامج للغات ن حيث يتناول هذه اللغات في ثنائيات.

انظر إلى ترجمة الجملة الإنجليزية التالية إلى الإسبانية: A car hit a tree friday evening.

المشكلة الرئيسة هنا هي التوصل إلى الكلمة الإسبانية المناسبة المرادفة لكلمة «hit» والاحتمالات في الإسبانية هي:

peger: عندما يكون المحرض (agent) عادة فاعل الجملة المبنية للمعلوم وإنه يستخدم القوة على شيىء محسوس مع وجود النية الواضحة لتغيير معالمه، ولهذا لابد أن يكون المحرض آدميا.

وهناك تفضيل لأن يكون الشيء كائنا حيا له بعض القوة لكى يواجه تأثير المحرض. فمثلا تكون ترجمة الجملة التالية.

John hit Mary إلى الإسبانية Juan Le Pego A Maria

golpear يفضل أن يكون المحرض إنسانا. ويتوقع استخدام أداة، لا تتغير حالتها، بينما يتغير تأثير الشيء الذي تتصل به الأداة. ولا توجد قيود على

طبيعة الشيء. فمثلا تكون ترجمة الجملة التالية:

John hit the nail with a hammer إلى الإسبانية كالتالي:

Juan golpeo el clavo con un matrillo.

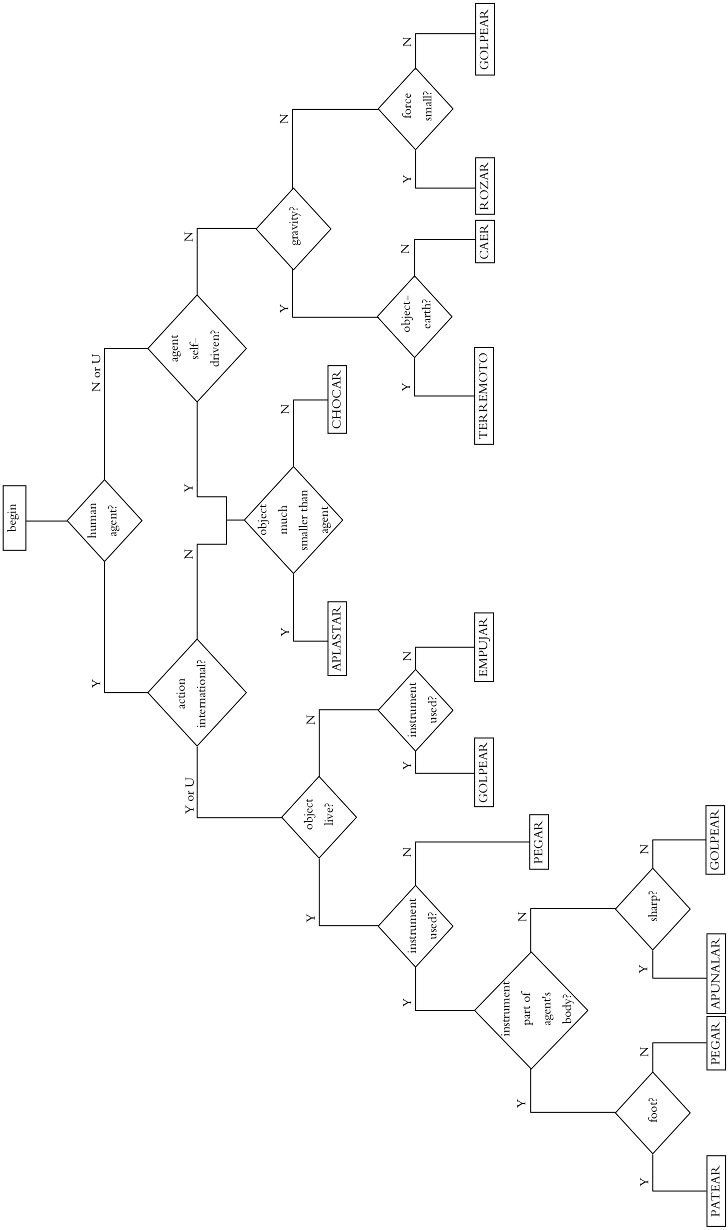
chocar: لا يفترض وجود أي نية من جانب المحرض، رغم أن الفعل ينتج حركة المحرض نفسها، ويتوقع أن يعاني المحرض من تغير في الحالة ولكن بدرجة أقل من المفعول به (الشيء).

ومن الواضح إن chocar هي الكلمة المناسبة وترجمة الجملة هي:

El viernes al Anochecer un Auto choco contra un Arbol.

ويبين شكل 8-4 شبكة التمييز للفعل الإنساني الصحيح في الوصف المنطقي للترابط الفكري المرتبط للأولية الدلالية .PROPEL ويأخذ هذا الوصف المنطقي البنية التالية:

المحرض س < = = > PROPEL ←مفعول ص ←أداة ع



شكل 8-4 استخدام تمثيل الترابط الفكري لتقدير الترجمة الإسبانية الصحيحة للفعل الإنجليزي hit

المراجع

(1) Rumelhart D. (1975), Notes on a schema for stories, in Repre sentation and understanding, D. Bobrow & A. Collins (eds.).

(2) Propp V. (1970), Morphologie du conte, (French translation), Par is, Seuil.

(3) Schank R. C., Abelson R. (1977), Scripts, plans, goals and under standing, Lawrence Erlbaum Assoc., Hilisdale, N.J.

(4) Cullingford R.E. (1978), Script application: Computer Under standing of newspaper stories, Yale University.

(5) Bonnet A. (1979), Schema-shift strategies for understanding texts in Natural Language,Stanford University Technical Report HPP-25.

(6) Bonnet A., (1980), Analyse de textes au moyen d'une grammaire semantique et de schemas. Application a la comprehension de re sumes medicaux en langage naturel,These d'Etat.Universite ParisVl.

(7) Sabah G., (1980), Contribution a la Comprehension effective d'un recit, These d'Etat, Universite Paris VI.

(8) Wilensky R. (1978), Understanding goal-based stories, Research Report 140, Department of Computer Science, Yale University.

(9) Dyer MG, (1981), Restaurant revisited or lunch with Boris, IJ CAI-81, Vancouver, Canada.

(10) A conversation with Roger Schank, in Psychology Today, April 1983, pp.28-36.

(11) Schank R.C. (1981), Reminding and memory organization, an introduction to MOPs, in Strategies for Natural Language Processing, W. Lehnert & M. Ringle (eds.), Lawrence Erlbaum, Hilisdale, N.J.

(12) Lehnert W., Dyer M. G., Johnson P.N., Yang C.J., Harley S. (1983), BORIS an experiment in-depth understanding of narratives, Artificial Intelligence, Vol. 20, I.

(13) Kolodner J. L. (1982), Reconstructive Memory: A Computer Model, Cognitive Science.

(14) Bartlett F. (1932), Remembering: A study in experimental and social psychology, London, Cambridge University Press.

(15) Kittredge R., Bourbeau L., Isabelle P. (1976), Design and imple mentation of an English-French transfer grammar,Coling-76, Ottawa, Canada.

(16) Boitet C. (1973), Problemes actuels en T.A.: Un essai de re ponse, Coling -76, Ottawa Canada.

(17) Wilks Y. (1973), An artificial intelligence approach to machine translation, in Computer Models of Thought, and language, schank and colby (eds.), pp. 114- 151 ,Freeman, San Francisco.

(18) Carbonell J., Cullingford R. E., Gershman A.V. (1978), Knowl edge-based machine translation, University of Yale, Department of Computer Science, Research Report 146.

مقدمه

يتكون تمثيل المعرفة داخل الحاسب الآلي من إقامة تناظر بين نظام رمزي للاستدلال والعالم الخارجي.

فمن الممكن تمثيل جملة «ذهب روبرت إلى باريس». كما هي، أي يتتابع من الحروف والكلمات ولكن في هذه الحالة لن يستطيع برنامج للسؤال والجواب الإجابة على سؤال «من ذهب إلى باريس؟» لأنه لا يوجد في هذا التتابع ما يساعد على فهم الجملة، خاصة أنه لا يوجد ما يمكن الحاسب من التعرف على فاعل الفعل. والتمثيل الأفضل من وجهة النظر هذه، والذي يخطر في البال طبيعيا هو:

الفعل: يذهب
الفاعل: روبرت
المصدر: ؟
المقصد: باريس
الزمن: ماضي
الوسيلة: ؟

وتشمل هذه القائمة المعلومات التي تدل على معنى الجملة، ولكنها تغفل الكثير مما يمكن الاستدلال إليه، والذي يمكن لأي إنسان أن يستنتجه من هذه الجملة. وإذا أضفناه يصبح تمثيل الجملة كالآتي:

الفعل: يذهب النوع: حركة

الفاعل:	روبرت	النوع:	إنسان
المصدر:	؟	غيابي:	منزل روبرت مدينة
المقصد:	باريس	النوع:	مدينة
		مرادف:	عاصمة فرنسا
الوسيلة:	؟	سفر بواسطة:	القطار
			الطائرة
			السيارة

وليس ضروريا أن تكون جميع هذه الاستنتاجات صحيحة، ولكن لابد لأي برنامج جيد لتمثيل المعرفة أن يمكن العمليات الاستنتاجية أن تؤدي دورها في البرنامج.

وكما لم ينجح أحد في تصميم لغة برمجة واحدة للعالم كله، فكذلك لم يتمكن أحد من تصميم شكل نموذجي لتمثيل المعرفة في برامج الذكاء الاصطناعي. فبعض أشكال تمثيل المعرفة أفضل من غيرها في تمثيل العمليات الاستدلالية البحتة، بينما تتميز أشكال أخرى في حالات الاستدلال بالمحاكاة.. وهكذا.

وهناك تمييز فلسفي كلاسيكي بين نوعين من المعرفة: المعرفة الماهية knowing “what” والمعرفة الكيفية knowing how ويقابل ذلك في الذكاء الاصطناعي الفرق بين المعرفة المعلنة declarative knowledge والمعرفة الإجرائية procedural <> knowledge وتمتاز مواد المعرفة المعلنة بأنها سهلة القراءة والتعديل كما أنها لا تتطلب شرحا لكيفية استخدامها. ولكن يعيبها أن معالجة هذا النوع من المعرفة يتطلب وقتا طويلا نسبيا. أما المعرفة الإجرائية فلها عكس مميزات وعيوب المعرفة الأولى. وتكون مواد المعرفة المعلنة بمثابة البيانات التي يعمل عليها ويفسرها البرنامج. وقد سبق أن رأينا مثالا على التمايز بين المعرفة المعلنة والإجرائية في تحليل اللغات الطبيعية، وذلك بين القواعد اللغوية (التي تمثل المعرفة المعلنة) وبين البرامج التي تفسر وتطبق هذه القواعد. وكما أن هيكل البيانات data structure ليس هو المعرفة ذاتها، فإن الكتاب ليس سوى مصدر للمعرفة، وهو لا ينتج المعرفة إلا حين يتحد مع القدرة على القراءة والفهم.

وتستخدم الإجراءات التفسيرية هياكل المعرفة المعلنة بعدة طرق فمثلا

يمكن استخدام القاعدة ألله ب-ج بأحد الطرق الأربعة التالية:

1- إذا كان كل من أ و ب صحيحين، إذا ج تكون أيضا صحيحة.

2- إذا كان الهدف هو إثبات صحة ج، إذن فالطريقة الممكنة هي إثبات صحة أو ب.

3- إذا كان أ صحيحا و ج كاذبا، إذن ب يكون كاذبا.

4- إذا كان ج كاذبا، إذن فواحد على الأقل من أ و ب يكون كاذبا.

إن لدينا مخزونا هائلا من المعرفة حول حقائق العالم من حولنا، مثل «الكلاب نوع من الحيوانات» و«الفيل له خرطوم».. الخ، ونحن نريد في الذكاء الاصطناعي أن نستطيع وصف خواص الأشياء من أسمائها، وأن نجد طرقا لتصنيف هذه الأشياء. كما نريد أن نجد طرقا لوصف الأحداث مثل «قابل جيسكار بريجينيف في وارسو» و«قتل جون ماري وهو في حالة غضب».

وتقاس قوة طريقة التمثيل بقدرتها على التعبير بدقة عن المواقف المعقدة، وبقدرتها أيضا على تمثيل الترابط بين الأشياء، كأن يعبر عن حقيقة أن روايتين مختلفتين تشتركان في شيء ما: ففي المعلومات الجيولوجية مثلا يجب أن يمثل «حجر الجير المضغوط»، و«حجر الجير المسامي» باعتبارهما شكلين خاصين من «حجر الجير»، وليس كمادتين مختلفتين لا يربط بينهما شيء. ولا تحسن هذه الخاصية الثانية وضوح التمثيل فقط بل تخفف أيضا العبء على ذاكرة الحاسب لأنها تمكن من تسجيل مواد المعرفة التي لها خواص مشتركة مرة واحدة بدلا من تسجيلها في مداخل منفصلة.

ويمكن قياس قوة البرنامج بالقدرة على معالجة الحجج غير الدقيقة، خاصة العمليات الاستقرائية، والتي هي دائما أصعب من العمليات الاستنباطية البحتة، وهنا يمكن أن نشير إلى فكرة الاستدلال «بالسليقة»، والتي تختلف عن المنطق الصوري، والرياضيات في أنها تستخدم حين نضطر إلى اتخاذ القرار في غيبة معلومات كاملة. ففي الرياضيات لا يمكن قبول أحكام ما لم يتم التوصل إليها بتطبيق قوانين الاستدلال على مقدماتها الأولية، بينما كثيرا ما نضطر في حياتنا اليومية إلى التسليم بقصور معرفتنا، ونتوصل إلى نتائج لا يمكننا أن نثبت صحتها بدقة ولكنها تبدو لنا معقولة بل وكثيرا ما نصفها بأنها «معقولة». وسنعرض في هذا القسم صياغة

المنطق التقليدي أولا ثم نؤكد على حاجتنا لأن نكون قادرين على محاكاة هذا الشكل غير المحكم من الاستدلال.

٩ منطق الدرجة الأولى
First Order Logic

يتناول هذا الفصل نظام المنطق الصوري الذي اهتم به الفلاسفة والرياضيون لزمن طويل. وكان جون مكارثي هو أول من اقترح استخدام هذا المنطق لتمثيل عمليات الاستدلال واتخاذ القرارات، وذلك في بحث قدمه عام 1958. وسنصف أولا حساب القضايا propositional calculus باعتباره أداة مفيدة، إلا أنه غير قادر على التعبير عن غالبية المسائل التي يعني بها الذكاء الاصطناعي، كما نعرض لامتداده إلى حساب المحمول predicate calculus، ونعطي أمثلة عديدة للمسائل التي يمكن أن يعبر عنها بسهولة في الصياغة الصورية الأخيرة.

حساب القضايا Propositional calculus

يتحدد حساب القضايا بمجموعتين من القوانين، هما مجموعة قوانين التراكيب التي تحكم شكل الإفادة التي يمكن أن يعبر عنها في اللغة، وتلك التي تحكم اشتقاق إفادات جديدة من إفادات قديمة. ويعين لكل إفادة قانونية (تسمى قضية proposition) قيمة واحدة من بين اثنتين هما الصدق

والكذب اللذان يسميان «قيم بولية» Boolean values باسم عالم الرياضيات والمنطق. جورج بول (1815-1964 م).

فإذا نظرنا إلى القضيتين التاليتين: «ريجان هو رئيس الولايات المتحدة»، و«مدريد عاصمة بلجيكا»، نجد أن واحدة منهما فقط صحيحة في هذه اللحظة (1984 م). ويمكن التعبير عن قضايا أكثر تعقيدا باستخدام الروابط المنطقية Logical con nective والتي عادة ما تكتب بالشكل الآتي:

«و» أو &

«أو» V

«غير» أو ~

«تتضمن» -----> أو ⊂

ويمكن استخدام هذه الروابط للتعبير بلغة صورية عن قضايا مثل «الجورب إما على المنضدة أو في الدرج» أو «هنري ليس عالم رياضيات أو عالم طبيعة». لاحظ أن «أو» هنا متضمنة inclusive في هذه اللغة الصورية بينما غالبا ما تكون استبعادية exclusive في حياتنا اليومية، كما في الجملة السابقة عن الجورب. فالقضية «أ أو ب» تكون صادقة صوريا إذا كانت أي من أ أو ب صادقة أو في حالة كون الاثنتين صادقتين، ولكن إذا ثبت لنا صحة إحداهما، فلا حاجة لنا للنظر في قيمة صدق الأخرى.

والقضية أ= ب صادقة إذا تساوى أ و ب في الصدق أو الكذب، أما إذا اختلفا في قيمة الصدق تكون القضية كاذبة.

وتعني القضية «أ ===> ب» أنه إذا كانت «أ» صادقة، فكذلك تكون «ب»، وعلى هذا ف «أ ===> ب» تكون صادقة إذا كانت «ب» صادقة، وكذلك إذا كانت «أ» كاذبة. وقد يبعث الإثبات الأخير على الدهشة، ولكن يمكن التدليل على صحته بإعطاء مثال كالآتي: «إذا كنت في باريس، إذن أنا في فرنسا»، وهو يعادل منطقيا «أما أنا في فرنسا أو لست أنا في باريس». إن قيمة صدق القضايا الشرطية لا تتضح دائما بالبديهة، فمثلا: «إذا استطاعت الخيول أن تتكلم، فإن الخنازير يمكنها أن تطير» صادقة. ونفى قضية «أ» يكون صادقا إذا كان «أ» كاذبة والعكس صحيح.

وتحدد القائمة التالية الروابط المنطقية الخمسة بفعالية حيث «ص» تعني صادقة، و«ك» كاذبة:

أ	ب	أ Λ ب	أVب	أ ==> ب	¬أ	أ = ب
ص	ص	ص	ص	ص	ك	ك
ص	ك	ك	ص	ك	ك	ك
ك	ص	ك	ص	ص	ص	ك
ك	ك	ك	ك	ص	ص	ص

ويعتمد حساب القضايا على القانون المسمى مودوس بونينز Modus ponens والذي يقول إنه إذا كان $P \Longrightarrow Q$ وكانت P صادقة، فلابد أن تكون Q أيضا صادقة. ويكتب هذا صوريا بالشكل التالي:

$$(A \land (A \Longrightarrow B)) \Longrightarrow B$$

كما أن هناك أيضا قانونان يسميان «قوانين دي مورجان» de Morgan ' s Laws.

$$\neg(A \land B) = \neg A \lor \neg B$$

$$\neg(A \lor B) = \neg A \land \neg B$$

والتعبير الصوري لمنهج the reductio ab absurdum في الاستدلال كالتالي:

$$(A \Longrightarrow B) = (\neg B \Longrightarrow \neg A)$$

ويمكن تطبيق هذه الطريقة إذا كان هدفنا إثبات أ-ب، فإنه يمكننا تحقيق ذلك بافتراض أن ب كاذبة، ونوضح أنه في هذه الحالة تكون أ كاذبة، وهذا يناقض الفرض بأن «أ» صادقة، وعلى ذلك فلابد أن تكون «ب» صادقة.

حساب المحمول Predicate Calculus:

لا يمكننا استخدام حساب القضايا في التعبير عن جمل كثيرة تهم الذكاء الاصطناعي، بل وميادين أخرى أيضا، فمثلا عندما نود أن نذكر حقائق عن الأشياء في العالم، يجب أن نكون قادرين على أن نعين بدقة الأشياء ذاتها التي نشير إليها (مسألة الضعيفين instantiation)، وأن نذكر ما إذا كنا نقصد كل من ينتمي إلى مجموعة بعينها أم بعضا منها فقط. ويسمح لنا حساب المحمول-وهو امتداد لحساب القضايا-بذلك، وذلك باستخدام فكرتي المحمول predicate والسور quantifier. والسور نوعان: السور الكلي universal quantifier والسور الوجودي existential quantifier وأهم ما

يميز حساب المحمول عن حساب القضايا هو تقديمه لفكرة المتغير variable.

والمحمول هو تابع أو دال function له حد أو أكثر argument، ويعطي أحد قيم الصدق. وبذلك يعرف المحمول (كلب) على الوجه التالي:

كلب (س): «س هو كلب».

ويكون هذا المحمول صادقا إذا كان «س»-بوبي، ويكون كاذبا إذا كان «س»ب بوسي.

ومن المتبع استخدام الحروف الأخيرة من الأبجدية الإنجليزية للمتغيرات واستخدام الحروف الأولى أو المعرفات الرمزية (الأسماء) مثل بوسي أو مدريد كثوابت. ويمكن للمحمول أن يعرف علاقة أو يحدد فعلا مثل:

يعطي (س، ع، ف)

ويمكن أن يعني هذا «س يعطي ع إلى ف».

والتابع تعميم لفكرة المحمول، وهو قادر على إرجاع قيمة من أي نوع، بولية، أو رمزية، أو عددية. فالتابع:

عاصمة(س)

يرجع القيمة «روما» عندما تكون «س» = إيطاليا.

ويمكن دمج المحمول والتابع، ولكن بمراعاة بعض القيود على ذلك، فمثلا إذا دمجنا المحمول «كلب» م مع التابع «عاصمة» بالترتيب التالي: كلب (عاصمة «س»)، وإذا كانت «س» = إنجلترا، يكون المحمول المراد تقييمه هو كلب (لندن)، والذي ربما كان كاذبا. أما إذا عكسنا ترتيب التابع والمحمول وأصبح. عاصمة (كلب «س»)، فيكون التابع المراد تقييمه هو عاصمة (كاذب)، بمعنى «ما هي عاصمة كاذب؟» والذي من الواضح أنه سؤال لا معنى له.

الأسوار Quantifiers

هناك نوعان من الأسوار: السور الكلي، ويعني «لجميع.......»، والسور الوجودي ويعني «يوجد......».

مثال: «كل كلب حيوان» يعبر عنها منطقيا كالتالي:

(∀ س) (كلب (س) ⟸ حيوان (س)).

«كل ولد يمتلك دراجة» يعبر عنها كالتالي:

(∀ س) (∃ع) (ولد (س)——> دراجة (ع) Λ يمتلك (س، ع)).

وتعني الإفادة الثانية أن لكل من كان ولد (س)، هناك دراجة (ع) بحيث أن (ع) يملكها(س).

قواعد الاستدلال Rules of inference

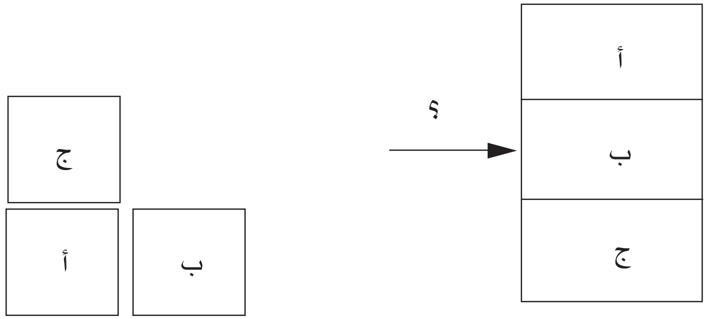
تمكننا قواعد الاستدلال من التوصل إلى إفادات جديدة مشتقة من إفادات موجودة من قبل، باستخدام قانوني مودوس بونينز اللذين عرفناهما فيما سبق والتخصيص الكلي الذي ينطوي على إحلال المتغير المسور بثابت:

∀ س (ق (س))-ق[1]

وتسمى هذه العملية «الاستبدال»، وعملية تساوي تعبيرين مصورين عن طريق الإحلال تسمى التوحد unification. وقد أثرت خوارزمية التوحد لروبينسون[2] Rohinson تأثيرا هاما في أبحاث إثبات النظرية theorem proving. (انظر على سبيل المثال نيلسون)[3] Nilsson.

تطبيقات في حل المسائل: تجميع الكتل

يوضح شكل 9- أ مسألة مطلوب حلها: أ و ب وج ثلاث كتل متطابقة، مرتبة في البداية كما هو مبين على اليسار، حيث أ و ب موضوعان على المنضدة، بينما ج موضوعة فوق أ، و ب حرة بمعنى أنه لا تستقر أي كتلة عليها. والمطلوب هو تغيير الترتيب إلى ما هو مبين في الجانب الأيمن، حيث ج مستقرة على المنضدة، و ب على ج و أ على ب، مع الالتزام بقاعدة تقول إنه لا يمكن تحريك إلا كتلة واحدة كل خطوة.



شكل 9-1 المسألة المطلوب حلها

يمكن للتعبير عن الصورة الأولية للمسألة على النحو التالي:

تصور أولي: على (أ،ج)

على-المنضدة)(أ)

على-المنضدة (ب)

حرة (ج)

حرة (ب)

وتكون الصورة النهائية (الهدف) على النحو التالي:

تصور نهائي: على (أ، ب)

على (ب، ج)

على-المنضدة (ج).

ولابد من تعريف المحمول «حر»، كما لابد من إعطاء القواعد التي تحدد الظروف التي تجعل كتلة ما حرة. ويعطي البرنامج القواعد التالية ويحاول تطبيقها بترتيب مختلف.

1- حرة (أ) <==== ¬(∃ع)على(ع، أ).

بمعنى إذا كانت كتلة حرة فإنه لا تستقر عليها أي كتلة أخرى.

2- على (ع، أ) Λ ابعد (ع، أ) <==== حر (أ) Λ ¬على (ع، أ).

يعرف فعل «ابعد» بأنه تحرير كتلة لم تكن حرة من قبل.

3- حر(أ) Λ حر(ع) Λ تجميع (أ،ع) <==== على (أ،ع).

تعريف «تجميع» أو «تكويم» الذي ينتج عنه استقرار كتلة فوق أخرى.

وعلى البرنامج-مزودا بهذه القواعد-أن يجد سلسلة من الأعمال التي تؤدي إلى تغيير الشكل من صورته الأولية إلى صورته النهائية.

وهذه المشكلة نموذج للإنتاجية التي نعرض لها في الفصل الثاني عشر.

والاستراتيجية هي أن يحاول البرنامج تحقيق سلسلة من الأهداف الفرعية. يأخذ البرنامج «على (أ، ب)» كهدفه الفرعي الأول، ويبحث عن قاعدة تؤدي إلى «على (س، ع)، فيجد القاعدة رقم 3، فيحاول البرنامج تطبيق هذه القاعدة مستبدلا «س» ب أ، و ع = ب، وبذلك يضع الهدف الفرعي الأول (هف 1).

هف 1: حر(أ)

حر(ب)

تجميع (أ،ب).

ولتحقيق ذلك لابد من تحقيق «حر (أ)»، ولذلك يقوم البرنامج بتطبيق القاعدة رقم 2، مستبدلا «س» = أ، وبذلك يضع الهدف الفرعي الثاني (هف 2):

هف 2:على(ع، أ)

ابعد(ع، أ).

ويستطيع البرنامج حينئذ تحقيق «على (ع، أ) بسهولة، مستبدلا ع = ج، لأنه سبق أن أعطى «على (ج، أ). ويعطي هذا «ابعد (ج، أ) كأول عمل حقيقي يؤدى. وشرط أن يكون «أ» حرا «حر(أ)» أصبح محققا، وهكذا يصبح تحقيق «جمع (أ، ب) ممكنا الآن.

ولتحقيق الهدف النهائي، لابد من تنفيذ «على (ب، ج) بتطبيق القاعدة رقم 3، وذلك يتضمن هدفا فرعيا جديدا:

هف 3: حر(ب)

حر(ج)

جمع (ب، ج).

تحدد القاعدة رقم 1 الشروط لكي تكون (ب) حرة:

حر(ب)=(∀ ع) ⌐ على(ع، ب) ⟸ ⌐ على(أ، ب).

(أي إذا كانت ب حرة، فليست هناك كتلة مستقرة على ب، وبالتالي لا يمكن أن تكون أ مستقرة على ب)، وبذلك يلزم تطبيق القاعدة رقم 2 لتنفيذ «ابعد (أ، ب)»، ملغيا نتيجة العمل السابق «جمع (أ، ب). ليس لدى البرنامج وسيلة لمعرفة أن «ابعد» هي الفعل العكسي ل «جمع» (ولكن بمجرد تحقيق «على (ب، ج)» فإن الفعل الثاني «جمع (أ، ب)» يحل المشكلة.

ويوضح هذا المثال أن الترتيب الصحيح للأهداف الفرعية يمكن أن يعطي حلا أسرع للمسألة. وهنا لا يكون الهدف الفرعي «على (أ، ب)» مستقلا عن «على (ب، ج)»، فتحقيق الأول يعيق تحقيق الثاني، بينما لا يشكل الثاني أي عائق أمام الأول، ولو درس هذا القيد في البداية، لأمكن تجنب تنفيذ «على (أ، ب)» الذي أوقف بعد ذلك وتم التراجع عنه. إن استخدام هذا النوع من الحجة المعرفية heuristic reasoning-مع ملاحظة أن تحقيق أحد الأهداف الفرعية قد يعوق تنفيذ هدف آخر-يميز بين بحث

search ترشده قواعد ذات مستوى عال، وبين بحث أعمى. ويعطي برنامج توليد الخطة NOAH لا يزل ساكردوتي[4] Earl Sacerdoti نتائج جيدة جدا بالنسبة للمسائل التي تحتاج مثل هذا المنهج.

ويمكن التعبير عن كثير من المسائل ذات الطبيعة الاستنباطية-مثل المسألة التي ناقشناها أعلاه أو مشكلة برج هانوي الشهيرة[*]-باستخدام المنطق من الدرجة الأولى، ولكن هذه في الحقيقة مجرد ألعاب منطقية، وغالبية المسائل التي يواجهها الإنسان ذات الطبيعة الاستقرائية أكبر بكثير من هذه الألعاب، ومثال ذلك فهم وتفسير السجل الطبي للمريض، فمثل هذه المشاكل تتطلب تناول بيانات غير مؤكدة، بل قد تكون خاطئة، ولا يمكن التوصل إلى حل إلا بالقيام بعمليات استدلالية معقدة، مثل وضع فرض مبدئي، يؤكد تدريجيا كلما توافرت معلومات أكثر، مع إجراء الكثير من التأكيدات لاكتشاف الأخطاء.. . وهكذا. ولهذا تم تطوير صياغات رسمية أخرى بخلاف المنطق من الدرجة الأولى لإمكان وضع طبيعة العمليات الإدراكية للإنسان موضع الاعتبار.

وكان المنطق من الدرجة الأولى أول التقنيات التي استخدمت في استفسار قواعد البيانات كما في برنامج[5] SIR وقد أعطى جرين[6] مثالا لسؤال موجه إلى قاعدة بيانات به متغيرات حرة، وعلى البرنامج أن يجد في قاعدة المعلومات الوحدات التي ترتبط بهذه المتغيرات حتى يجيب على الاستفسار، كما ناقش جالير ومينكر Minker & Gallaire[7] في كتابيهما استخدام المنطق في قواعد البيانات، وقد اهتم ليفيسك Levesque(8) بوجه خاص بقواعد البيانات، التي تكون فيها المعلومات غير كاملة، فإذا كان السؤال مثلا «كم عدد أبناء ماري ؟» موجها إلى برنامج يفترض أن المعلومات التي بقاعدة البيانات كاملة، سيقوم ببساطة بحساب عدد الأفراد الذين

(*) تتلخص مشكلة برج هانوي الشهيرة في أن هناك ثلاث معطبات مثبتة فوق لوح خشبي، وفوق إحدى المعطبات يوجد عدد «ن» من الأقراص ذات أحجام مختلفة، متراصة بترتيب متزايد في الحجم من الأصغر في القمة إلى الأكبر على القاعدة. والمطلوب هو نقل هذه الأقراص من المصطبة الحالية إلى مصطبة أخرى مع اتباع قواعد معينة، من بينها أنه لا يجوز نقل أكثر من قرص في المرة الواحدة، وأنه لا يجوز أن يوضع قرص فوق قرص أصغر منه، وأن المصطبة الثالثة يمكن استخدامها عند الضرورة. وهناك مناقشة لهذه المشكلة في نيلسون[3] Nilsson أثناء عرضه لحساب المحمول.

ينطبق عليهم معيار «ابن ماري». ويؤكد ليفيسك أنه لابد من وجود لغة يمكن استخدامها للتعبير عن مجال الاستفسار وعما تعرفه قاعدة البيانات عن هذا المجال، للإجابة على مثل هذا السؤال بشكل صحيح.

المراجع

(1) McCarthy J. (1968), Programs with common sense, in Semantic Information processing, M. Minsky (ed.) Cambridge, Mass. MIT Press (Article originally appeared in 1958).

(2) Robinson J. A. (1965), A Machine-oriented logic based on the resolution principle, JACM 12(1), pp. 23-41.

(3) Nilsson N. (1980), Principles of Artificial Intelligence, Palo Alto California, Tioga Publishing Company.

(4) Sacerdoti E.D. (1975), A structure for plans and behavior, Technical Note 109, Al Center, SRI International, Menlo Park, Cal ifornia.

(5) Raphael B. (1968), SIR: A computer program for semantic in formation retrieval, in semantic information processing, Cambridge, Mass. MIT Press (original article in 1964).

(6) Green C. (1969), The application of theorem-proving to question-answering systems,Ph.D. thesis, Dept. of Electrical Engineering, Stanford University.

(7) Gallaire H. Minker J. (Eds.) 1978, Logic and databases, New York, Plenum Press.

(8) Levesque H.J. (1983), The logic of incomplete knowledge bases, in Conceptual Modelling: Perspectives from artificial intelligence, Da-tabases and programming languages, Bordie, Mylopoulos and Schmidt (eds.), New York, Springer-Verlag.

15 التمثيل الإجرائي

مقدمة

لا يوجد في مواد المعرفة المعلنة declarative knowledge ما يدل على كيفية استخدامها، بينما تحتوي مواد المعرفة الإجرائية procedural knowledge-في المقابل-على معلومات واضحة حول هذه النقطة. الأولى لها طبيعة مواد البيانات التي تستخدمها برامج الحاسب، بينما الثانية هي البرنامج ذاته، ويترتب على هذا التعريف أن التمثيل الإجرائي procedural repreòentation هو الوحيد من بينهن الأنواع الخمسة التي نصفها في هذا الجزء من الكتاب الذي لم يؤكد الفائدة العظيمة للشكل المعلن.

ويظهر الفرق بين التمثيل المعلن والإجرائي بوضوح في مجال اللغات الطبيعية، فيمكن تعريف المركب الاسمي بإفادة معلنة في شكل قواعد قليلة للنحو، وتنفذ هذه القواعد بواسطة برنامج قادر على تقرير ما إذا كان تتابع كلمات العبارة يطابق عددا من المعايير اللغوية أم لا؟ وإذا لم تنطبق قاعدة لغوية على هذا التتابع، تجرب قاعدة أخرى. ويشمل التمثيل الإجرائي البرنامج الذي يمسح òcanò الكلمات، والقواعد التي تعرف المركب الاسمي. ولن

يفوت القارئ اليقظ أن يلاحظ أن مادة المعرفة المعلنة لا يمكن أن تظل قائمة بذاتها، ولكنه يجب أن تتمم بإجراءات تفسيرية، وبذلك لا يمكن أن يكون البرنامج معلنا كلية، لكن يمكن أن يكون إجرائيا تماما. وتتطلب كتابة برنامج يحتوي على معرفة معلنة بدرجة عالية استخدام لغة برمجة ذات تركيب «متسع» wide òyntax ليسمح بالتعبير عن التنوع الكبير في المعلومات، بينما يجبر التركيب المحدد المبرمج على أن يحيل معظم المعلومات إلى الأجزاء الإجرائية من البرنامج.

يوضح ذلك تمثيل الجملة التالية[1].

جميع الجنود الإسرائيليين والأمريكيين مدربون.

فيكون التمثيل المعلن لها باستخدام المنطق من الدرجة الأولى:

(Λس) (جندي (س) Λ (إسرائيلي (س) V أمريكي (س)))$\Longleftarrow$ مدرب «س».

أما الصورة الإجرائية فتكون بالشكل التالي مع استخدام لغة البرمجة- MICRO PLANNER[2]:

(نتيجة(مدرب ؟س)

هدف (جندي ؟ س)

(أو (هدف إسرائيلي ؟ س)

(هدف أمريكي ؟ س)))

ويمكن أن يستخدم التمثيل المعلن لتقرير ما إذا كان شخص ما مدربا أم لا، وكذلك لإثبات أن الجندي الذي لا يكون مدربا ليس إسرائيليا. ويمكن أن يستخدم التمثيل الإجرائي بهذه الكيفية، لإثبات أن فردا ما «س» مدرب، أثبت أولا أنه جندي، فإذا نجحت في ذلك، أثبت أنه إسرائيلي، فإذا نجحت في ذلك، فهذا هو البرهان، وإذا فشلت أثبت أنه أمريكي، ويحتل ترتيب الحدود termò والاستدلالات أهمية خاصة.

ونعرض الآن للمميزات والعيوب النسبية لشكلي التمثيل، وقد ثار جدل كثير[3] حول هذا في بداية السبعينات.

مميزات الصور المعلنة للمعرفة

سهولة القراءة: فقراءة مواد البيانات أسهل بكثير من قراءة برامج

الحاسب خاصة لغير المتخصصين، ويتضح أهمية هذا المبدأ العام من المثال أعلاه.

الإيجاز والمرونة. فالجملة التي تحوي عدة متغيرات لا يلزم كتابتها بالصورة المعلنة سوى مرة واحدة فقط، ويمكن استخدامها عدة مرات بطرق مختلفة في مناسبات مختلفة وفقا للنتائج المرجوة، لكن الصورة الإجرائية لنفس المعرفة يجب أن تكرر في كل برنامج يستخدمها، لأن توجه الاستدلال والقيود على المتغيرات قد تختلف من برنامج لآخر. ولهذا تتميز الصورة المعلنة بالإيجاز والمرونة.

سهولة التعديل. البنية المعلنة أسهل في التعديل، كما يمكن إضافة معلومات جديدة بسهولة أكثر. ولهذا أهمية خاصة في تطور برامج الذكاء الاصطناعي، وإعطائها القدرة على التعلم من الممارسة، أي القدرة على أن يعدل البرنامج نفسه من سلوكه (انظر الفصل التاسع عشر).

مميزات الصور الإجرائية

ما وراء المعرفة: يعبر عن بعض مواد «المستوى الثاني» للمعرفة-وهي نوع من «ما وراء المعرفة»-بسهولة أكثر في الصور الإجرائية: فالعلاقة «قريب من» يمكن أن تعامل كعلاقة انتقالية[4] بشرط ألا تستخدم أكثر من اللازم في سلسلة استنباطية. ولا تناسب الصور المعلنة هذا النوع من المعلومات جيدا، لأن استخدامها يتطلب التوصل إلى البنية العميقة للخطوات الحسابية كالخطوات التكرارية مثلا.

اعتماد صورة المعرفة على استخدامها مستقبلا:

نظريا، يمكن كتابة بيانات المعرفة دون اعتبار لاستخداماتها في وقت لاحق، ولكن من الناحية العملية يكون ذلك دائما في ذهن كاتب البرنامج. انظر إلى هذه الجملة المستخدمة في تشخيص أمراض النبات:

«إذا وجدت بقعا على أوراق النبات، وكانت هذه البقع في شكل قرح، فإن من المحتمل أن فطر كذا وكذا موجود».

من الواضح أن الجزء الثاني من الجملة لا يقيم إلا إذا كان الجزء الأول صادقا، وأي كاتب للبرنامج يدرك أن الإجراء التفسيري سوف يقيم أجزاء

القضية بترتيب معين، وعادة ما يكون هذه هو نفس الترتيب الذي كتبت به.

الضرورة القصوى. هناك دائما مستوى نهائي يجب أن تفسر عنده أي معلومات معلنة وأن تنفذ بإجراء ما أو بعبارة أخرى هناك دائما أجزاء من المعلومات لا يمكن اختصارها ويتحتم أن يبرمج وبالتالي يصبح بالضرورة جزءا من صورة إجرائية.

التقويم العام للنظم الإجرائية

تمثل Micro-planner نموذجا جيدا للغات البرمجة الإجرائية: قاعدة للمعرفة مكونة من بيانات وبراهين نظرية theoremò، والأخيرة عبارة عن إجراءات معالجة تعمل كلما طرأ تعديل على قاعدة المعرفة وكلما تحققت شروط سابقة.

وبالإضافة إلى أن جميع الاستدلالات في هذه الإجراءات تسير دائما في اتجاهات واضحة ومحددة، فإن الفرق الرئيسي بينها وبين قواعد الإنتاج (انظر الفصل الثاني عشر) يكمن في أن هذه البراهين يمكن أن يستدعي كل منها الآخر، بينما لا تتصل قواعد الإنتاج ببعضها أبدا إلا عن طريق مفسر. وتعطي هذه الخاصية نظم الإنتاج ميزة أساسية هي قابليتها للتركيب modularity، وقد أدى هذا إلى التخلي عن النظم الإجرائية الخالصة إلى حد كبير. كما أن من بين عيوب النظم الإجرائية أيضا صعوبة التحكم في عدد الاستنتاجات التي تفرزها، والتي رأى كثير من الباحثين فيها حجة ضد استخدام هذه النظم في التطبيقات الواسعة.

المراجع والحواشي

(1) هذا المثال ليس ترجمة للمثال الموجود في النص الإنجليزي، ولكنه يحقق نفس الغرض، وقد استخدمناه لأن المثال بالنص الإنجليزي قد يصعب فهمه على القارىء العربي. (المترجم).

(2) Hewitt C(1972), "Deòcription and theoretical analyòiò (uòing òche-mata) of PLANNER: a language for proving theoremò and manipulating modelò in a robot". Memo Al-TR-258, MIT.

(3) Winograd T.(1975), Frame repreòentation and the declarative/ procedural controveròy'', in Repreòentation and underòtanding: òtudieò in cognitive òcience, Bobrow and Collinò (edò), New York, Academic. Preòò, pp. 185-210

(4) يوضح المثال التالي ما نعنيه بالانتقالية:

إذا كان أ = ب، ب = ج

إذن أ = ج (المترجم).

١١ الشبكات الدلالية

مقدمة

تتكون الشبكة الدلالية من مجموعة من العقد nodes تربطها أقواس arcs, وبوجه عام تمثل العقد مفاهيم بينما تعطي الأقواس العلاقات بين هذه المفاهيم. وعادة ما تسمى العقد البسيطة بأسماء المفاهيم التي تعبر عنها، أما العقد الأكثر تعقيدا فليس لها بالضرورة أسماء، وهي نفسها شبكات دلالية فرعية. وتنسب فكرة استخدام الشبكات الدلالية لتمثيل المعرفة الإنسانية إلى كويليان Quilian[1] . ويمكن تمثيل عبارة «يطارد بوبي بوسي» على الوجه التالي:

كما يمكن تمثيلها كتابة كالآتي:

وعادة ما يرتبط مفهوم ما بمجموعة أو أسرة، ويكون هو عضوا فيها، وباستخدام «ع» لتدل على «عنصر من» يمكن أن نعطي شبكة أكثر تعقيدا:

تطور التمثيل باستخدام الشبكات

لننظر إلى جملة أكثر تعقيدا مثل «يطارد بوبي القطة ذات الفراء الطويل». تقول هذه الجملة إن بوبي (وهو كلب) يطارد كائنا وهو قط يمتلك شيئا وهو (الفراء) الذي له خاصية معينة وهي خاصية أنه طويل. من الممكن تمثيل هذه الجملة بالشكل التالي حيث «م» تدل على الملكية:

وغالبا ما تكون العقد غير المعنونة حالات خاصة لمفاهيم أعم، ويمكن أن تعنون في حالة الضرورة بإضافة لاحقة كما في «قط-١» أعلاه، وتتصل بالمفهوم الأم بقوس يسمى «ع» ليدل على علاقة العضوية.

إذن تربط العلاقة «ع» الفردindividual بالمجموعة أو العائلة التي هو عضو فيها، وهناك علاقة أخرى «ف»، ودلالتها «مجموعة فرعية من»، تربط المجموعة بمجموعة أكبر أو بطبقة أعم وأكبر. وبهذا يمكن التعبير عن الجملة: «بوبي كلب وهو حيوان» كالآتي:

قد يلاحظ القارئ أنه من الممكن عنونة العقدة «بوبي» ب «بوبي-١» لتشير أن هذا الكلب المعين هو عضو في مجموعة الكلاب التي تشترك في الاسم «بوبي»، وربطها بقوس «ع» لتتصل بعقدة «بوبي». وقد يلاحظ القارئ أيضا أن «هو» و«هو» في الجملة «بوبي هو كلب وهو حيوان»، مختلفتان في المعنى، ولابد لأي ميكانيكية استدلالية أن تتعامل مع كل منهما بشكل مختلف.

والخواص «خ» للعقدة الأم عادة ما «يتوارثها» العقد الأبناء، وهكذا يمكن استنباط أن الكاناري له أجنحة وجلد من الأقواس الصاعدة المعنونة «ف:

وبعض الخواص لا تنتقل بواسطة العلاقة «ع» وهكذا يمكن أن نستنبط من الشكل التالي أن الطائر أبا الحناء بوجه عام يدرسه علماء الطيور ولكن لا نستطيع القول إن أبا الحناء المسمى «بول» يدرسه علماء الطيور.

وقد لفت وليم وودز[2] وجاري هيندريكس[3] الانتباه إلى خطورة انعدام التقنين في هذه الصياغة الرسمية، وإلى الحاجة لقواعد تحكم ما يمكن تمثيله بالأقواس حتى نقلل من خطورة التوصل إلى استنتاجات زائفة نتيجة لاتباع سلسلة من الحلقات.

وحتى في تمثيل الجمل البسيطة تظهر المشاكل، ففي تمثيل بسيط مثل:

فإذا أردنا إضافة «بالمطرقة»، لا نعرف أين نضعها، ويؤدي هذا إلى فكرة أن نأخذ الفعل كمكون رئيسي في التمثيل. وبهذا يكون تمثيل الجملة «ضرب جون ماري بالمطرقة في الحديقة الليلة الماضية» بالشكل التالي:

إلا أن مثل هذا الرسم التوضيحي، غير كاف، بأي حال من الأحوال، لجملة مثل «ضرب جون ماري ولكم هنري جيمس»، فإذا عبرنا عن الجملة كما يلي، فلن يكون واضحا من ضرب من:

ولهذا من الأفضل أن نمثل نفس الحدث بعقدتين مختلفتين هنا، بالإضافة إلى الاسم العام للحدث «يضرب» وهكذا يكون التمثيل كالآتي:

ويمكن إدخال المعلومات الخاصة بفاعل الفعل والمفعول.. الخ ضمن المفهوم العام «يضرب»، مما يجعل اختبار صحة الجملة ممكنا.

ويوضح ذلك الرسم التالي حيث تظهر الصفات العامة في الجانب

الأيمن والمحددة في الجانب الأيسر:

لاحظ أننا ذهبنا من رسم نمثل فيه مفهوم «يضرب» بواسطة قوس إلى شكل آخر يظهر فيه نفس المفهوم كعقدة، وهكذا أصبح المفهوم محمولا له عدد قياسي من الحدود مثل الفاعل والمفعول وحدود أخرى مثل الأداة، الزمن، المكان إذا لزم الأمر.

ويشبه ذلك نحو الحالات الإعرابية لفيلمور[4] مع اختلاف نظرته إلى الزمن حيث يمثله كصيغة وليس كحالة. ويعبر الرسم التوضيحي التالي عن الجملة «حرس الكلب المنزل بعناية طوال اليوم». وقد قدم سيمونز[5] Simmons مساهمات هامة في مجال فهم اللغات الطبيعية وعلاقتها بتمثيل مثل هذه الجمل.

التصنيفات العامة Texonomies

كثير من العلوم الطبيعية والتجريبية لها فروع كثيرة يمكن أن تمثل ببساطة ببناء شجرة تمثل العقد فيها المفاهيم الدالة، بينما تمثل الأقواس، علاقات مثل «مجموعة فرعية من» أو «عنصر من».

ويمكن اعتبار هذه الأشجار شبكات دلالية مبسطة ؟ وهي في الحقيقة شبكات دلالية تنحصر فيها وظيفة الأقواس في التعبير عن العلاقات الهرمية مثل تلك التي أشرنا إليها توا، التي تستخدم بواسطة العمليات التي تتعامل مع الشبكات، كميكانيكيات تحكم الوراثة، أي لنقل الخواص من العقدة الأم

(الخواص العامة) إلى أبنائها (الخواص الأكثر خصوصية).

ولا تكفي العلاقات التي سبق تقديمها «عنصر من» و«مجموعة فرعية من» للتعبير عن العلاقة بين العقد الشقيقة، أي بين العقد التي لها أم مشتركة، ولهذا استحدثت علاقات أكثر تخصصا في بعض الصيغ وخاصة في الشبكات الدلالية المجزأة partitioned semantic networks[3] مثل عم (عنصر مباشر-direct element)، وفم (فرع منفصل disjoint Subset).

ويوضح الرسم التالي قيمة العلاقة «عم». فبيتر وبول وجون متورطون في تحقيق بوليسي: فقد ارتكبت جريمة والثلاثة مشتبه فيهم، ويرتبط الثلاثة بمجموعة الآدميين بواسطة قوس «عم» بينما يرتبط المجرم (غير معروف) بقوس «ع» لنبين أنه قد يكون أحد الثلاثة.

ويوضح الرسم التالي الفرق بين «ف» (مجموعة فرعية من) و«فم» (مجموعة فرعية منفصلة). فلا يمكن أن تكون مدينة ما أمريكية وفرنسية في نفس الوقت، ولكن منطقيا لا يوجد ما يمنع أن تكون مدينة كبيرة وجميلة في أن واحد.

إن استخدام هذه الأنواع المتقدمة من الأقواس يزيد من قوة الشبكة، وبذلك يمكن لبرنامج أن يستنبط من هذا المثال أن ليون ليست مدينة أمريكية، ولكن لا يوجد ما يمنع البرنامج من أن يقرر أن امستردام من المدن الكبرى.

تجزئة الشبكات الدلالية Partitioning semantic networks

تسمح فكرة الشبكات الدلالية المجزأة-التي قدمها جاري هندركس[3]- لمجموعات من العقد والأقواس أن تتجمع سويا في مساحات مجردة لتحدد مجالا دلاليا لعلاقات مختلفة. ويمكن أن تنتمي كل عقدة وكل قوس إلى واحد أو أكثر من هذه المساحات، كما يمكن أن يكون هناك روابط بين عقد في مساحات مختلفة، ولكن يجب اعتبار جميع هذه الروابط عابرة لحدود المساحات المختلفة. وتعرف المساحات تجزئة الشبكة.

ويبين الرسم التوضيحي أدناه المأخوذ عن هندركس تمثيل عبارة «هناك رجل يمتلك سيارة»، كما يبين صفة هامة للشبكات المجزأة وهي افتراض السور الوجودي عندما تخصص نجدة ما إلى مساحة من المساحات. وهنا تحتوي المساحة «م1» على معلومات خلفية، مثل معلومات عن الناس وملكية السيارات، التي قد تكون ذات فائدة في فهم الجملة. وتمثل م2 «رجل معين ر»، والذي يقوم بدور الفاعل في الجملة. وتمثل م3 مثالا خاصا للملكية وهي الترجمة لعبارة «يمتلك سيارة» إلى هذه الصور من التمثيل.

وفيما يلي مثال آخر لتجزئة جملة «يشرب بول النبيذ أو تأكل ماري الجبن»

ويمكن تمثيل النفي-أسوة بالانفصال-فتستبدل العقدة «D» بالعقدة «N» والانفصال بالنفي. ويمكن التعبير عن التضمين إما باستخدام equivalence (أ ==> ب)=(ب V ¬ أ) أو كما يوضح الرسم التالي:

وهناك ميل قوي لاستخدام الأسوار الكلية في المعادلات المنطقية، فوفقا لهندركس[3] يمكن أن نكتب:

$$(\forall x \, E \, x) \; p(x) <=> (v \, x) \; (\text{member } (x,X) ==> p(x))$$

وتكمن قوة هذه المعادلة في أن أي معادلة تصوير للسور الكلي يمكن ترجمتها إلى معادلة شرطية.

ولا يوجد تمثيل خاص لاقتران القضايا المنطقية لأن هذا متضمنا. ولن يكون تمثيل الشبكات الدلالية-الذي أعطينا أمثلة له-مؤثرا إلا بقدر ما يكون هناك من برامج للحاسب قادرة على تناولها. وتعمل مثل هذه البرامج كخوارزمية توحيدية unification, بمعنى أنها تسعى لإحلال المتغيرات-وهي مجهولات نبحث لها عن قيمة-بثوابت، وهي تقوم بذلك بمقارنة السؤال بمجموعة من الجمل المتاحة. فلسؤال مثل «من يشرب النبيذ؟» والذي يمكن تمثيله كالآتي:

يجرى مقارنته بالرسم الذي يمثل «يشرب بول النبيذ» باستخدام تقنية مضاهاة التشكيلات pattern matching، ويستطيع برنامج الحاسب بذلك أن

يجد الحل بسهولة «س = بول». وهذه العملية مساوية تماما لتلك التي أعطيناها في الفصل التاسع عن المنطق من الدرجة الأولى.

وكثيرا ما يحدث أن إجابة السؤال لا تكون متاحة بشكل مباشر، ويتطلب التوصل إليها اجتياز الشبكة وذلك باستخدام علاقات أو صفات تتعلق بكيانات متضمنة. وقد قدم شوبرت[6] Schubert ما أسماه «هيكل الاقتراب- access skele ton> لهذا الغرض، ويوضح سؤال «هل الجامبو فيل ؟»، إننا قد نضطر إلى اختبار اللون، والشكل، والجوهر.. الخ للكيان موضع السؤال لكي نجد إذا كانت هذه القيم الخاصة يمكن أن تصور فيلا.

خاتمة

لقد استخدمت الشبكات الدلالية في بناء أنظمة خبيرة، من بينها- PROS PECTOR, الذي يهتم بالتوقعات الخاصة باكتشاف المعادن mineral pros pecting (انظر الفصل السابع عشر)، والذي استفاد بدرجة عظيمة من هذه التقنية. وقد حاولنا في هذا الفصل أن نوضح أن قوة الشبكات تتزايد بتعقد الصياغة. ولابد أن يكون هناك دائما حل وسط بين تعقد هيكل البيانات والبرنامج المفسر، فكلما كان الهيكل مفهرسا جيدا، كلما كان إرشاد المفسر أفضل. وقد أدت دراسة بنية الشبكات الدلالية إلى زيادة استخدام أنواع من التمثيل مولدة من قواعد الإنتاج والكيانات الهيكلية، وهما موضوعان نتناولهما في الفصلين التاليين.

وقد قام الباحثون في المجال بمحاولات لجعل هذه الصياغة أكثر دقة وأكثر تقنينا، نذكر منهم رونالدبراخمان[7] Ronald Brachman, مؤلف لغة

البرمجة[8] Klone، وشابيرو[9] الذي أشار باستخدام المنطق من الدرجة الأولى وأساسا الأسوار، وأعمال شوبرت[10]، وفالهمان[11] Fahlman وأسلوب البناء الذي اقترحه للقيام بعمليات حاسوبية متوازية بواسطة تطبيقات مصممة بمكونات مادية. وقد وجهت الأبحاث عن الشبكات الدلالية باضطراد لتحسين دقة وتماسك تمثيل المفاهيم المتصلة بالتطبيقات العملية. وقد أعطيناها اهتماما أكبر هنا عن الأبحاث الأخرى للإمكانات الفلسفية في تمثيل المعرفة.

المراجع

(1) Quillian M. R. (1968), Semantic memory, in Semantic In formation Processing, M. Minsky (ed.), Cambridge, Mass., MIT Press, pp. 227- 270.

(2) Woods W. (1975), Whats in a link? Foundations for semntic net works, Representation and Understanding, Bobrow and Collins (eds.), New York, Academic Press, pp. 35- 82.

(3) Hendrix G. (1979), Encoding knowledge in partitioned net works, in Associative Networks, N. Findler (ed), New York, Ac ademic Press, pp. 5 1- 92.

(4) Fillmore C. (1968), The case for case, in Bach and Harms (eds.), Universals in Linguistic theory, Chicago, Holt, Rinehart and Winston.

(5) Simmons R. F. (1973), Semantic networks: their computation and use for understanding English sentences, in Computer Models of Thought and Language, Schank and Colby (eds.), Freeman, San Fran cisco.

(6) Schubert L. K., Goebel R.G., Cercone N.J. (1979), Structure and organization of a semantic net, in Associative networks, Findler (ed.), New York, Academic Press, pp. 12 1- 175.

(7) Brachman R. J. (1977), Whats in a concept: Structural founda tions for semantic networks, International Journal of Man-machine studies, 9, 2,pp. 127- 152.

(8) Brachman R. J. (1979), On the epistemological status of semantic networks, in Associative networks, Findler (ed), New York, Ac ademic Press, pp. 3- 50.

(9) Shapiro S. C. (1971), A net structure for semantic informatior storage, deduction and retrieval, Advance papers of IJCAI-7 1, pp. 5 12- 523.

(10) Schubert L. K. (1976), Extending the expressive power of se mantic networks, Artificial Intelligence, 7, 2, pp. 163- 198.

(11) Fahlman S. E. (1979), NETL: a system for representing and using real-world knowledge, Cambridge, Mass. MIT Press.

12 القواعد الإنتاجية

مقدمة

استخدمت صياغة القواعد الإنتاجية في ميادين عديدة قبل ظهور الذكاء الاصطناعي بفترة طويلة، ومنها المنطق الرمزي لبوست[1] Post وفي بعض الخوارزميات لماركوف ,Markov وفي علم اللغة لتشومسكي[2] حيث استخدمت كقواعد إعادة الكتابة[*] rewriting rules للتعرف على بنية جمل اللغات الطبيعية.

والقاعدة الإنتاجية هي (ازدواج-موقف-عمل)، بمعنى أنه كلما واجهنا موقفا، يطابق الجانب الأيمن من القاعدة، قمنا بتنفيذ الجانب الأيسر من نفس القاعدة. وغالبا ما يكون التنفيذ باتخاذ قرار ما، ولكن ليس الأمر دائما كذلك. إذ لا يوجد إلزام مسبق على شكل الموقف أو شكل العمل.

وعادة ما يكون للبرنامج الذي يعتمد على القواعد الإنتاجية ثلاثة مكونات:

1- قاعدة القواعد المكونة من مجموعة القواعد الإنتاجية.

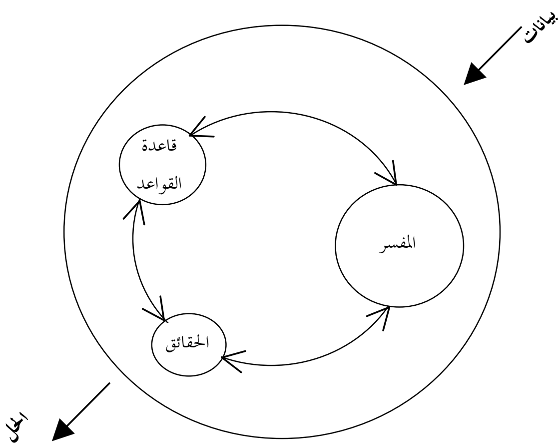
(*) قاعدة إعادة الكتابة تنص على تطابق سلسلتين من الرموز، مثال ذلك:

<المجموعة الاسمية>: <ج = <أداة> <صفة> <اسم>

2- قاعدة الحقائق وتتكون من واحد أو أكثر من البيانات الهيكلية التي تحتوي على حقائق معروفة مرتبطة بمجال الاهتمام، كما يمكن أن تشمل أيضا بعض التعريفات.

3- مفسر هذه الحقائق والقواعد، وهو أيضا الآلية التي تحدد أي قاعدة تطبق، وبأي ترتيب، وتبدأ العمل المناسب.

وللحقائق والقواعد تركيب معروف للمفسر، ولهذا يستطيع معالجتها منطقيا ويتوصل إلى صدقها أو كذبها، واستخلاص حقائق جديدة أو طمس حقائق معينة. وليس هنأك فرق واضح دائما بين «البيانات» و«الحقائق»، وسنعني «بالحقائق» هنا المعرفة الدائمة المضمنة في البرنامج، بينما تتعلق البيانات بموضوع محددة أو مشكلة معينة.



لم تكن فكرة فصل القواعد الإنتاجية عن آلية البرنامج المفسر-التي تسمى عادة آلة الاستنتاج-دائما بنفس درجة الوضوح التي هي عليها ألان، حيث يراعي-أن تتخذ القواعد شكلا معلنا بقدر الإمكان حتى تسهل قراءتها إلى أقصى درجة ممكنة. فقد كانت السمة الإجرائية هي الغالبة في كثير من برامج القواعد الإنتاجية، حيث تختلط قاعدة المعرفة بطرق تفسير هذه المعرفة. وحتى الآن توجد برامج تتصل فيها القواعد بطرق عمل الاستنتاجات كما تتصل بالاستنتاجات نفسها. ويشكل الفصل الواضح بين

القواعد والمفسر تقدما منهجيا له تأثير عميق على مفاهيم الذكاء الاصطناعي وعلى أدوات البحث التي طورت حتى الآن.

وكلما كانت صياغة القواعد الإنتاجية أبسط وأكثر اتساقا-كلما تحسنت قدرة البرنامج على التعلم، حيث يدعم الانتظام كلا من تعميم وتخصيص القواعد الإنتاجية. إلا أن الصياغة المفرطة في التبسيط يمكن أن تحد من نوعية البيانات التي يمكن تمثيلها في مجال معين من مجالات المعرفة. وليس فاك توافق مثالي في التعقيد بين صياغة القواعد والمفسر، كما ذكرنا من قبل حول تمثيل المعرفة بواسطة الشبكات الدلالية.

ولننظر إلى هذا المثال البسيط:

قاعدة القواعد:

قاعدة-1: إذا كان س حيوان، وس يموء، إذن س يكون قطا (قاعدة واحدة فقط).

قاعدة الحقائق:

حقيقة-1: فيلكس حيوان

حقيقية-2: فيلكس يموء

قاعدة الحقائق بعد مسح المفسر للحقائق والقواعد:

حقيقة-1: فيلكس حيوان

حقيقة-2: فيلكس يموء

حقيقة-3: فيلكس قط (وهذه حقيقة جديدة توصل إليها البرنامج بتطبيق قاعدة-1 بإحلال فيلكس للمتغير«س» س-فيلكس.

قاعدة القواعد

من المبادئ الأساسية في البرمجة المعتمدة على القواعد أن كل قاعدة تمثل بندا مستقلا من بنود المعرفة يحتوي على جميع الشروط المطلوبة لتطبيقها. وأول نتيجة طبيعية تترتب على ذلك أنه لا توجد آلية في أي مكان آخر-سوى القاعدة نفسها-يمكن أن تخلق شروطا تمنعها من أن تطبق. وثاني نتيجة أنه لا يمكن لقاعدة أن تستدعي أخرى للعمل، بمعنى أن كل قاعدة جاهلة بالقواعد الأخرى، ولا يعرف ما يحدث بالنسبة للقواعد سوى المفسر الذي يقوم بدور قائد الأوركسترا.

والقواعد الإنتاجية لا توضع بترتيب معين، ويمكن-من ناحية المبدأ-أن تنشط أي منها في أي لحظة، إنها تجمع معا ببساطة دون أي معرفة عن كيفية استخدامها. أما ترتيب استخدامها في الحقيقة فيتقرر بواسطة المفسر طبقا لمعايير معينة سوف نقدم بعض تفصيلات عنها في الجزء التالي عن حل التناقضات. وقد لا يكون هناك طبعا أي استراتيجية، وفي هذه الحالة تستخدم القواعد بالترتيب الذي كتبت به.

ويمكن أن نلخص مزايا منهجية استخدام قاعدة القواعد الإنتاجية في التمثيل كما يلي. نظرا لقابليتها الكبيرة للتركيب (على هيئة وحدات متكررة) فإنه يصبح من السهل تعديل البرنامج، وبذلك يمكن أن يتطور، دون أن ينهار التركيب الهيكلي للبرنامج بإضافة أو حذف أو تعديل القواعد، ولا يحتاج لاتخاذ احتياطات ضد التأثيرات الجانبية. وبوجه عام، كلما ازداد عدد القواعد بالبرنامج-مع افتراض صحتها بالطبع-كلما كانت نتائجها أكثر قوة وتفصيلا.

وبالطبع ليست منهجية قاعدة القواعد الإنتاجية هي الوحيدة التي تعطي إمكانية التركيب، فالكيانات أو الأشياء الهيكلية-والتي نصفها في الفصل التالي-تفعل ذلك أيضا ولكن بطريقة مختلفة.

والخطر الرئيسي الذي يجب الاحتياط منه في البرامج ذات القابلية للتركيب هو فقدان الاتساق المنتظر، لأنه بازدياد حجم قاعدة القواس قد يبلغ عدد القواعد الإنتاجية عدة مئات، وعندئذ يصبح من الصعب مراجعة هذه القواعد كلما أضفنا قاعدة جديدة للتأكد من عدم تناقضها أو تكرارها لقاعدة أخرى موجودة. ولهذا تضم أنظمة جمع المعلومات الحديثة آليات قوية لمساعدة مصمم البرامج على تجنب إدخال التضارب إلى البرنامج (انظر الفصل الرابع عشر)، وتشمل هذه الآليات البرامج البينية الودودة ووسائل كشف التشابهات في القواعد الإنتاجية.

تصنيف المفسرات تسلسل أمامي أم خلفي؟

Forward or backward chaining?

نستطيع أن نميز المفسر (أو آلة الاستنتاج) طبقا للطريقة التي يحاول بها تنفيذ القواعد، كنتيجة للحقائق التي يدرسها. فإذا نظر أولا إلى الحقائق

والبيانات الثابتة ليقرر ما إذا كانت تلك الحقائق تحقق الجانب الأيمن من القاعدة (المقدمة)، نقول إنه يعمل بتسلسل أمامي. أما إذا كان المفسر ينظر أولا إلى الأهداف كما هي معطاة في الجانب الأيسر من القاعدة (الجزء التنفيذي)، ثم يحاول أن ينفذ فقط القواعد التي بها هذه الأهداف، نقول أنه يعمل تسلسل خلفي. ويعادل هذا التمييز بالضبط حالة مفسري الأنحاء الذين يعملون من أسفل لأعلى المناظر للتسلسل الأمامي، لأنهم يبدءون من البيانات، ومن أعلى لأسفل المناظر للتسلسل الخلفي لأنهم يبدءون من الأهداف الممكنة.

ولم تظهر أي من هذه الطرق ميزة واضحة على الأخرى فيما يتعلق بالكفاءة العامة. ويمتاز التسلسل الأمامي بتحكم أفضل في ترتيب البيانات التي قد تحقق المقدمات. بينما يمتاز التسلسل الخلفي في أنه يقرب المفسر من الأهداف التي يرغب في الوصول إليها، لأنه يستطيع أن يقصر تنفيذه على القواعد المتعلقة بهذه الأهداف. وعلى أي حال، فإنه من الصعب التنبؤ بالترتيب الذي تطبق فيه هذه القواعد.

وفي التسلسل الأمامي، كثيرا ما يدور المفسر في مجموعة القواعد ليجد القاعدة التي سوف تطبق: ويواجه تضاربا عندما تكون أكثر من قاعدة مرشحة للتطبيق، وسنصف مواقف التضارب هذه فيما بعد. والقاعدة التي لا يمكن تطبيقها في دورة ما، قد تصبح قابلة للتطبيق في دورة تالية، لأن الحقائق ربما تغيرت في ذلك الوقت كنتيجة لتطبيق قواعد أخرى. وتعمل مفسرات OPS[3] و SNARK[4] بهذه الطريقة.

وفي التسلسل الخلفي يكون للمفسر دائما هدف واضح الرؤية، ويقوم بدراسة القواعد التي يمكن أن تقوده لهذا الهدف. وعندما يجد أنه غير قادر على تقويم مقدمة إحدى القواعد في حدود معرفته آنذاك، يقوم بوضع هذا التقويم كهدف جديد، ويستمر بهذه الطريقة حتى يصل إلى بيانات معروفة؟ ويعمل EMYCIN[5] بهذا الطريقة مع إمكانية إضافة بعض روابط أمامية: يمكن تذييل بعض القواعد بحيث تنشط بمجرد تحقق شروط معينة، ولكن لا تمد نتائجها لأكثر من خطوة واحدة للأمام. ويسمح PROSPECTOR[6] بمزج الصيغتين: يتطلب ذلك أن يدخل المستخدم بيانات أولية ويتوصل منها إلى ترتيب الأهداف التي يجب التوصل إليها بالاستنباط

الأمامي، وبعد عرض قائمة الأهداف المرتبة، يسأل أي هدف يجب أن يحقق أولا.

الآلة «المغلقة» أو الحوار الموجه

"Closed" engine or guided dialog

تقوم البرامج الأقل تقدما بقراءة البيانات في بداية دورة التحاور session، وتؤدي العماليات المنطقية عليها، ثم تعطى النتائج، بدون الاستفادة من الإمكانيات التفاعلية التي يقدمها الحاسب. وهذا هو ما أسميه الآلة المغلقة.

وفي المستقبل ستحتاج جميع الأنظمة الخبيرة التي تستخدم صياغة القواعد الإنتاجية إلى بعض القدرة على فهم اللغات الطبيعية، حيث تكون قادرة على التحاور مع مستخدميها بسهولة. ولا شك أن أول خطوة في هذا الاتجاه هي تزويد البرنامج بالقدرة على أداء حوار بلغة طبيعية، مع توقع البرنامج أن يكون محتوى الردود التي يحصل عليها قاصرا على موضوع السؤال المطروح، لذلك لا يحتاج إلى القيام بتحليل معقد لهذه الإجابات. ويمكن تحسين أسلوب التحاور بالسماح للمفسر باستكمال السؤال كلما وجد أنه يحتاج إلى معلومات أكثر، بدلا من أن يراجع باجتهاد قائمة ثابتة. وينتج عن هذا حوار يمكن أن يعد ذكيا، لدرجة اعتبار السؤال الذي يطرحه البرنامج دليلا على «رأيه» في المعلومات المتوافرة لديه، و«إدراكه» أن شيئا ما ناقص.

استراتيجيات حل التضارب strategies for connect resolution

يشير اصطلاح «حل التضارب» إلى سلوك المفسر عندما يكون عدد من القواعد قابلة للتطبيق، ويتعين عليه عندئذ أن يقرر ما إذا كان يطبقها بترتيب معين، أو إذا كان يطبق كل ما هو قابل للتطبيق أم يطبق فقط بعض الاختيارات.

وتفرض مشكلة ترتيب القواعد نفسها على مستويات عديدة. فعلى المستوى الأعلى Top Level يمكن للبرنامج تحديد الترتيب الذي تطبق به القواعد، ومن المبادئ الشائعة في البرامج التي تستخدم درجات الترجيح، ترتيب القواعد ترتيبا تنازليا طبقا لقوة المقدمات أو النتائج. كما يمكن

أيضا ترتيب القواعد يدويا، أثناء إدخالها البرنامج، ولكن ذلك غير مستحب منهجيا، لأنه يضعف من قابلية البرنامج للتغير، وهي ميزة قيمة للأنظمة الصورية. ومع ذلك، قد يكون لمصمم البرنامج أسباب وجيهة لعمل ذلك في حالات خاصة عندما لا تأخذ كفاءة البرنامج أسبقية على قدرته على التطور. ولكن مبدأ القابلية للتغير يظل هدفا صالحا، حيث يمكن لأي قاعدة أن تحفز بعد تطبيق قاعدة أخرى.

ولا تتأثر القابلية للتغير إذا قام البرنامج نفسه بترتيب القواعد، فالبرنامج في هذه الحالة هو الذي يحدد الترتيب الصحيح لكل قاعدة جديدة. ولا يكون هذا الإجراء قيما إلا إذا كان اختيار القواعد القابلة للتطبيق في مرحلة ما ليس ناتجا عن بحث مستفيض، ولكن عن طريق أخذ درجة الأهمية في الاعتبار، ويمكن اعتبار مثل هذه الاستراتيجية «سلوكا ذكيا»، لأن اختيار المعيار الذي على أساسه يتخذ القرار ينطوي على عملية استدلالية أكثر تعقيدا من البحث الأعمى لكل الاحتمالات-اخذين في الاعتبار أن أحد معايير الذكاء هو القدرة على معالجة التعقيد عندما يكون التعقيد ضرورة، ولنسترجع قول أينشتين الشهير «يجب أن تبسط الأشياء بقدر الإمكان، ولكن ليس أكثر من اللازم».

وعلينا أن نكون متيقظين دائما لمخاطر استراتيجيات البحث غير المستفيض عندما لا تكون المعلومات مؤكدة 100٪، حيث يتكرر التضارب بين مواد البيانات، ويستحيل التعرف على البيانات الخطأ. فإذا قبلنا مثلا خرجا من الحاسب مثل «تشخيص 12 د ينطبق» لمجرد أن درجة احتماله تفوق حدا معينا، بدون اختبار جميع البيانات، فنحن نفتح الباب في هذه الحالة لخطر وصول بيانات أخرى تؤثر على درجة احتمال هذا التشخيص وتؤدي لهبوطه إلى ما دون هذا الحد. وسوف ننظر في هذه المشكلة في حديثنا عن برنامج LITHO (الفصل السابع عشر) لتفسير البيانات الجيولوجية، عندما لا نستطيع أن نكون ثقة كاملة في المعلومات المتوافرة.

ومن المعايير الأخرى لترتيب القواعد، إعطاء الأولوية للقواعد التي تكرر استخدامها أكثر من غيرها ؟ وفي الحالات التي تترجم فيها الإحصائيات التي توضح تكرار الاستخدام النسبي لكل قاعدة، يكون ذلك ذا قيمة في التنبيه إلى القواعد التي يمكن أن «تنسى» لأنها لم يستخدم

أبدا. إلا أن هذه الطريقة تفشل في التمييز بين حالتين. فبعض القواعد نادرا ما تستخدم، لأن المواقف التي تستدعي تطبيقها نادرا ما تحدث: ولكن يجب الاحتفاظ بها رغم ذلك، لأنها تمثل الحالات الخاصة التي حققت شهرة لأخصائي معين. والقواعد الأخرى التي قلما تستخدم وربما لا تستخدم أبدا لأنه أسيء التعبير عنها أو لأنها عديمة الفائدة، لأن نتائجها مثلا لا تستخدم إطلاقا. وسيكشف التمحيص الدقيق والمفصل للطريقة التي ترتبط فيها القواعد بالعمليات الاستدلالية هذا النوع الثاني من القواعد، والتي يمكن عندئذ حذفها من البرنامج.

هل يسمح أو لا يسمح بالمتغيرات المشورة؟

Does or does not allow quantified variables?

احتوى الفصل التاسع على تفرقة هامة بين حساب القضايا وحساب المحمول. وتأتي القوة الإضافية لمنطق الحساب المحمول من استخدامه للمتغيرات المسورة: لذلك فإن القضية القائلة «كل طائر له منقار»، يمكن التعبير عنها بلغة حساب المحمول لمنطق الدرجة الأولى، وليس بحساب القضايا؛ لأنه يتطلب أن نذكر بوضوح أن كل طائر محدد له منقار.

ويمكن أن يكون حساب القضايا كافيا في الحالات الكثيرة التي يقتصر النظر فيها إلى كينونة entity منفردة وإلى خواصها، وهذا هو الحال في كثير من الأنظمة الخبيرة اليوم، حيث تكون الكينونة المنفردة هي المريض مثلا (في برامج التشخيص الطبي أو بئر (في برنامج جيولوجي). ومع هذا قد تنشأ حاجة لاستخدام المتغيرات، فقد نحتاج لمناقشة تفصيلات، فمثلا في حالة البشر تقسيمه إلى عدة مناطق على أعماق مختلفة. ومثال آخر، فلنفترض أن برنامجا «يعرف» قانون (أو م) RI Ohm =V والذي كلما كان لديه قيمة متغيرين اثنين يقرر أن يحسب قيمة المتغير الثالث. وتوضح المقارنة التالية بين تمثيل الحساب المحمول وحساب القضايا فرق القوة بين هاتين الصياغتين:

حساب القضايا	حساب المحمول
قاعدة-01 إذا كانت V معلومة،R معلومة	توجد معادلة م،وبها
وI غير معلومة	إذا كانت س غير

إذن احسب I = V/R
قاعدة-2: إذا كانت Vمعلومة،I معلومة
وR غير معلومة
إذن احسب R = V/I
قاعدة-3: إذا كانت I معلومة
وR معلومة و V غير معلومة
إذن احسب V = RI

معلومة،وص، وع
معلومتان
إذن احسب س باستخدام
م، وص، وع
المعادلات
V = RI
P = VI...etc

القدرة على ضم بنود معلومات غير مؤكدة

يتميز الجزء الأكبر من الاستدلال الإنساني بطبيعته الاستقرائية؛ فعادة ما تدفعنا مجموعة من الملاحظات إلى تبنى افتراض ما، ثم يتوفر لنا ملاحظات أكثر، فيؤدي ذلك إما إلى تزايد ثقتنا في هذا الافتراض، أو إظهاره لنا بأنه غير صالح. وتسمح صياغات القواعد الإنتاجية بإدخال فكرة الثقل، لتوضح مدى الثقة التي يمكن أن توضع في النتائج المؤقتة (أو المشروطة). وعادة ما يطلق على هذا الثقل الاستحسان: لقد تجنبت هنا استخدام كلمة «احتمال» نظرا لما لها من معنى إحصائي معين، وكذلك لأن الاستحسان لا يكون عادة موضوعيا، ولكن يمثل عادة خبرة الخبير في مجاله والذي قد يعطي ثقلا لأحداث نادرة رغم عدم توافر معلومات إحصائية لديه عنها.

مثال بسيط (لكنه محدد)

يستخدم المثال التالي إحدى قواعد القواعد التي تصف حيوانات عددة أو أصنافا من الحيوانات طبقا لخصائص معينة، ويهدف البرنامج إلى التعرف على الحيوان أو الحيوانات التي ينطبق عليها وصف معين. وتعمدنا أن تكون قاعدة القواعد المستخدمة ناقصة وغير كاملة، لكي نبين إمكانيات التحسين في مثل هذه البرامج، وفي نفس الوقت، فإن البرنامج ليس واقعيا إلى حد ما، فالنتائج التي يتوصل إليها ليست في الواقع مؤكدة تماما، إذ يجب أن يكون هناك طرق تأخذ في الاعتبار الثقل الذي يمكن أن يمثل درجة استحسان البيانات المختلفة. ولسوء الحظ، فإنه من الصعب تقديم

الأمثلة الواقعية والمشوقة التي تستخدم استنتاجات ضعيفة، لأنها سريعا ما تتطلب الرجوع إلى قواعد كثيرة مرتبطة بالنتائج.

ويحدد المثال قاعدة من القواعد، وخوارزمية تعرف المفسر، والحقائق الأولية. وننصح القارئ الذي له اهتمام بعلم الحيوان أن يراجع أعمالا جادة أخرى في هذا الموضوع.

قاعدة القواعد

ق-أ : إذا رضع صغير فهو ثديي

ق-2: إذا كان له ريش فهو طائر

ق-3: إذا كان له فراء أو ثدي فهو يعيش بالغابة

ق-4: إذا كان طائرا، ولا يطير، ولا يعيش بالغابة، فهو بطريق

ق-5: إذا كان يعيش بالغابة، وثقيل جدا، فهو دب

ق-6. إذا كان ثقيلا جدا، وثدي، فهو حوت

المفسر

ا- تعرف على جميع القواعد التي تكون المقدمات فيها صادقة (مضاهاة التشكيلات).

2- إذا انطبقت (ا) على أكثر من قاعدة، تجاهل أي قاعدة تكرر خاصية معروفة من قبل (فك التضارب).

3- أد العمل المطلوب بواسطة القاعدة صاحبة أقل رقم تسلسلي، إذا لم تجد مثل هذه القاعدة، توقف.

4- كرر.

الحقائق الأولية

حقائق: (صغار-رضع، ثقيل جدا)

أهداف ممكنة. (دب حوت بطريق)

إن الاستراتيجية المعطاة للمفسر هي أبسط استراتيجية يمكن تخيلها: فهو يستعرض قاعدة القواعد باستمرار، ويختار قاعدة ليطبقها (مع مراعاة شرط آلا تؤثر تلك القاعدة على نتيجة سبق التوصل إلى صحتها)، ويبدأ العمل المطلوب.

وتنطوي العملية على عدد من التكرارات iterations لخطوات الخوارزمية.

تكرار-١: قاعدة-١ هي الوحيدة القابلة للتطبيق، وهي تضيف «ثدي» إلى قاعدة الحقائق فتصبح:

حقائق-(صغار-رضع، ثقيل جدا، ثدي)

تكرار-2: قواعد ١ و 3 و 6 قابلة للتطبيق، قاعدة-أ تستبعد لأنها تكرر صفة معروفة من قبل، تختار قاعدة-3 لأنها ذات الرقم الأصغر في التسلسل. ويعطي هذا:

حقائق-(صغار-رضع، ثقيل جدا، ثدي، يعيش بالغا به)

تكرار-3: قواعد١ و 3 و5 و 6 قابلة للتطبيق. تستبعد القاعدتان ١ و 3 وتختار قاعدة5 للتطبيق، ويعطي هذا:

حقائق-(صغار-رضع، ثقيل جدا، ثديي، يعيش بالغابة، دب)

تكرار-4: تنفذ قاعدة-6، التي تأخر تنفيذها طويلا، ويتوقف البرنامج، وتكون النتيجة كما يلي:

حقائق = (صغار-رضع، ثقيل جدا، ثدي، يعيش بالغابة، دب، حوت).

ونلاحظ فورا أن لدينا حيوانين مختلفين تنطبق عالجهما الأوصاف الأولى وذلك لأن قاعدة القواعد لا توفر تمييزا منطقيا كافيا، ومن الواضح أن وصف الحوت ناقص جدا. وعلاوة على ذلك فمن المحتمل وجود ثدييات أخرى بخلاف الدب، ثقيلة جدا وتعيش بالغابة، ولذلك يجب أن يكون هناك قواعد للتعرف عليها. وقاعدة-6 هنا هي المسؤولة عن النتيجة الغامضة، وكل ما نحتاجه لإزالة الغموض د، هو إضافة مادة جديدة في مقدمة القاعدة كالآتي:

قاعدة-6: إذا كان ثقيل جدا، ويعيش في الماء فهو حوت

وإذا أجرينا هذا التغيير، ثم أعدنا تشغيل البرنامج، فإن الاختلاف الوحيد سيكون في أن قاعدة-6 لن تنفذ، وبالتالي يكون الحل الوحيد النهائي هو «دب». وقاعدة-3 ليست صحيحة تماما (للأسباب التي ذكرناها توا) ويجب أن تتغير.

والدرس الذي يجب أن نتعلمه من هذا المثال هو أنه يمكن تعديل سلوك البرنامج بتعديل (وتطوير) المعرفة المعلنة به، باستخدام برامج التنقيح editors الموجودة في جميع اللغات العلميات للبرمجة، دون الحاجة للبحث عن تعليمات مختبئة في أعماق البرنامج، وهو ما يواجهنا في البرامج التقليدية غالبا.

استخدام مقاييس الاستحسان في الاستبدال غير المؤكد

Use of plausibility measures in uncertain reasoning

لا تناسب الطرق الاستنباطية معاقل الحياة الواقعية جيدا، لأن البيانات عادة ما تكون غير مؤكدة، وكذلك الاستنتاجات، التي تعكس وجهة نظر الخبير غالبا ما تكون عرضة للشك. وقد طورت عدة طرق لأخذ هذه المجهولات uncertainties في الاعتبار بواسطة مقاييس مرتبطة بالاستنتاجات المستحسنة لهذه المجهولات، وتتساوى هذه الطرق المختلفة في أنها تتنق بشكل عام في درجات الاستحسان التي تعطيها للبيانات، حتى لو اختلفت فيما بينها اختلافات بسيطة حول النتائج التفصيلية.

وسنصف هنا الطريقة المستخدمة في برنامج EMYCIN[5] وهو أداة من أدوات بناء برامج الأنظمة الخبير واستخدم في برنامج MYCIN للتشخيص الطبي، هناك الكثير من الدراسات المقارنة الجيدة عن الطرق المختلفة منها دراسات إدوارد شمورتليف[7] sedward Shortliffe, وبروس بوكانان وديك دودا[8] Bruce Buchaman and Dick Duda وهنري بريد[9] Henry Prade

وتتبني هذه الطريقة على تحديد درجة احتمال أو مصداقية لكل بيان من البيانات وتتراوح هذه الدرجة بين 1 (تعني الثقة التامة بمعنى أن البيانات صادقة بالتأكيد) و-1 (وتعني أن البيانات كاذبة بالتأكيد)، ويمثل الصفر عدم التأكد التام. وتتخذ قيمة 0,2 الحد الذي إذا تعدته البيانات، يكون من المعقول اعتبارها صادقة، وتتخذ 0,2 الحد الذي إذا نزلت عنه البيانات، يمكن اعتبارها كاذبة. ونعبر عن احتمالية قضية أو بيان أ بالشكل التالي ح (أ) ؟ وعالي هذا فإذا كان عندنا قاعدة أ »ب، التي سيكون لمصداقيتها قيمة معينة Likelihood value، وكانت درجة الاحتمال ح (أ) ؟ 0,3 مثلا، فلا يمكن أن تكون درجة احتمال ب في هذه القاعدة أكبر من 0,3

المقدمات غير المؤكدة. لنفترض أن لدينا قاعدة ر:

إذا كان أ و ب و ج =======> د

بدرجة مصداقية ح (ر)-0,8، ح (أ)-0,4، ح (ب) = 0,6، ح (ج) = 0,7

نكون درجة مصداقية مقدمة القاعدة (أ، ب، ج المترابطة بالوصل المنطقي) كالآتي:

ح (مقدمة) =أقل ((ح (أ)، ح (أب)، ح (ج))-0,4

وبذلك تكون قيمة مصداقية النتيجة، باستخدام ر هي:

ح (د) = 0,8 x 0,4 = 0,32

ضم مواد المعلومات. لنفترض أن بيان «د» له قيمة مصداقية أولية ح(ا)، ثم توافرت معلومات أكثر فجعلت مصداقيته ح (2) ؟ يحسب EMYCIN المصداقية الناتجة حسب الآتي:

أولا: ح-ح (ا) +ح (2)-ح (ا). ح (2) إذا كان ح (ا) و ح (2) بالموجب

ثانيا: ح-ح (ا) +ح (2) +ح (أ). ح (2) إذا كان ح (أ) و ح (2) بالسالب

ثالثا-ح = $\frac{\text{ح1 + ح2}}{\text{1-الأدنى (ا ح، ا ح، 12)}}$ إذا كان ح (أ) و ح (2) لهما إشارات مختلفة

وهكذا فالمصداقية الأولية قد تزيد أو تنقص بتوافر معلومات جديدة.

ولا تتعدى القاعدتان (أولا) و(ثانيا) كونهما ببساطة امتدادا لمعادلة الاحتمالات المركبة للسماح بالقيم السالبة. ومبرر القاعدة (ثالثا) هو أنها تزيد الفرق بين القيم الموجبة والسالبة. وقد كان من المعتاد في هذه الظروف استخدام الجمع البسيط ح = ح (ا) +ح (2). وقد علقت المجموعة العاملة ببرنامج EMYCIN أنه إذا كان لدى الفرد خمسة أسباب للاعتقاد أن ح E) (=0,9، (ومنها ينتج أن قيمة المصداقية تكون ح (E) = - 0,99، بتطبيق قاعدة (أو أربع مرات)، وسبب واحد للاعتقاد أن ح (E) = - 0,9، فيعطينا الجمع البسيط 0,09، بمعنى أن السبب السالب الوحيد قد ألغى في الواقع جميع الأسباب الأخرى، وتعطي المعادلة الجديدة نتيجة مختلفة تماما:

ح= (099- 0,90)/(1- 0,90) = 0,90

وهكذا يتأكد الفرق بين القيم الموجبة والسالبة في حدود 1.

ويجب أن يلاحظ هنا التالي:

أ-أن قيمة الثقل أو الاستحسان أو المصداقية التي تعطى للاستنتاجات هي قيمة عددية يعطيها خبير المجال، وقد يكون هناك مبررات إحصائية لهذه القيم، ولكنها تعبر في حالات كثيرة عن خبرة ودراية الخبير وليس لها أساس إحصائي.

ب-أن المعادلة السابقة لتجميع قيم الاستحسانات هي تمثيل تقريبي

للأحكام الذاتية، وليس لها مبررات رياضية.

وقد يكون هناك أناس قليلون ممن-عند مواجهة الحاجة لاتخاذ قرار-لا يضعون نقاطا ضد أو لصالح القرار الذي هم بصدده، ثم يتخذون القرار بناء على القائمة الأكبر. أنه ذلك النوع من التفكير المنطقي الذي نحاول محاكاته هنا، مع إضافة إمكانية إعطاء ثقل مختلف لكل من المعايير المطروحة.

وهناك طريقة أخرى لمعالجة هذه المشكلة تأخذ في اعتبارها عدم دقة البيانات، وتستخدم هذه الطريقة فكرة «المجموعة الغامضة» Fuzzy set التي طرحها زاده Zadeh[10]. وكما يدل الاسم، فالمجموعة الغامضة هي تلك المجموعة التي ليس لها حدود واضحة، والتي يكون التغيير فيها لكيان ما من حالة العضوية إلى عدم العضوية بشكل تدريجي، مثل مجموعة النساء الجميلات أو مجموعة السيارات الصغيرة أو خاصية الشباب. والذي يحدد درجة عضوية فرد أو شيء إلى مجموعة غامضة هي وظيفة Function لقياس مدى عضويته فإذا افترضنا وجود مجموعة من كبار السن ولنسميها ك وس تمثل عمر الشخص المراد قياس درجة عضويته و ظ هي الوظيفة التي تقيس ذلك، فيمكن أن نقول:

ظ م (١) = صفر إذا كان العمر سنة تكون درجة عضويته صفر

ظ ك (2)= صفر

ظ ك (3)= صفر

ظ ك (4) =١ , 0 إذا كان عمر الفرد أربع سنوات تكون درجة عضويته واحد من عشرة

ظ ك (20)= 3 , 0

ظ ك (50)= 7 , 0

ظ ك (١00)=١

وكما يلاحظ القارئ طبعا، فإن فكرة الشباب أو كبر السن تعتمد كثيرا جدا على شخصية المتكلم، وإعطاء قيمة دون أخذ السياق في الاعتبار لا شك أنه أمر تحكمي، فالأكاديمي الشاب أكبر كثيرا من «الجبنة القديمة».

وقد طبق مفهوم المجموعة الغامضة في عدة برامج، في الطب[11]، وفي جيولوجيا المعادن حيث يشمل نظام الخبير PROSPECTOR[6] في عملية

الاستدلال التقريبي درجات لعدم التأكد من صحة الحقائق كما يشمل أيضا المدى الذي تبتعد به قيمة معينة لصفة ما عن القيمة العامة التي يقبلها البرنامج لتميز هذه الصفة عن غيرها. ولا يعتبر هذا النهج غريبا في مجال الطب. فبينما يكون هناك مدى «طبيعي» لضغط الدم مثلا، يمكن اعتبار قيمة ضغط الدم لمريض ما خارج هذا المدى الطبيعي، ومع ذلك تقبل «كطبيعية» في ظروف معينة.

المراجع

(1) Post E. (1943), Formal reductions of the general combinatorial decision problemAmerican Journal of Mathematics, 65, pp. 197- 268.
(2) Chomsky N. (1957), Syntactic structures, La Haye, Mouton.
(3) Forgy C., McDermott J. (1977) OPS a domain-independent pro duction system language, IJCAI 77, pp. 933- 939.
(4) Lauriere J. L. (1982), Representation des connaissances, RAIRO/ TSI Vol. 1, No. 2, pp. 109- 133.
(5) Van Melle W. (1980), A domain-independent system that aids is constructing knowledge-based conclusion program, Stanford Heuristic Programming Project memo, HPP-80-22.
(6) Duda R., Gasching J., Hart P. (1979), Model design in the Pros pector consultant system for mineral exploration, in Expert Systems in the microelectronic age, Michie (ed.), Edinburgh, University of Edin burgh Press.
(7) Shortliffe E. H., Buchanan B.G. (1975), A model of inexact rea soning in medicine, Mathematical Biosciences 23, pp. 351.379.
(8) Buchanan B.G., Duda R.O. (1982), Principles of rule-based sys tems, Stanford University technical report, HPP-82- l4.
(9) Prade H. (1983), A synthetic view of approximate reasoning tech niques, IJCAI-83, pp. 130- 136.
(10) Zadeh L.A. (1978), Fuzzy sets as a basis for a theory for possibility, Fuzzy sets and systems, New York, North Holland.
(11) Sanchez E., Soula G. (1983), Possibilistic analysis of fuzzy mod elling in medicine, in Modelling and data analysis in biotechnology and medical engineering, Vansteenkiste and Young (eds.), Ames terdam, North-Holland Publishing Company.

13 الكيانات الهيكلية

« ... كنت في منتصف الطريق بين استيعاب المفهوم العام للحصان والتعرف على-حصان بعينه، وعلى أي حال، استمددت معرفتي بالحصان بشكل عام من خطوط عريضة مميزة، فأنت إذا شاهدت شيئا من بعيد، ولم يكن لديك فكرة عن ماذا يكون، فشد تقنع بأن تصفه بأنه مجرد شبح. وعندما يقترب منك يمكنك أن تقول إنه حيوان، مع أنك لا تستطيع أن تحدد إذا كان حصانا أم حمارا، وعندما يقترب منك أكثر تستطيع أن تقول إنه حصان، إلا أنك لا تستطيع أن تقول ما إذا كان برونل أم فافل. عندما يصبح قريبا بما فيه الكفاية فستطيع فقط أن تقول إنه برونل-بمعنى أنك تستطيع أن تقول إنه حصان بعينه وليس حصانا آخر، أي إنه حصان تعرفه باسمه». أمبرتوايكو[1] Umberto Eco

مقدمة

نبع استخدام الكيانات الهيكلية كوسيلة من وسائل التمثيل من العديد من الأفكار التي ولدتها اتجاهات بحثية مختلفة. وقد سميت هذه الكيانات بأسماء مختلفة عديدة نذكر منها ما يلي:

- «الأوصاف المنطقية الشاملة» schemas, ذكرها

العالم النفسي بارتليت Bart Lett[2] في أبحاثه عن الذاكرة.

- «الإطارات»، كما وردت في بحث مينسكي[3] عن عملية فهم اللغات الطبيعية والمرئيات، ثم في عدة لغات برمجة مثل FRL[4] و UNITS[5].

- «السيناريوهات» لروجر شانك وابيلسون[6] في وصفهما للعلاقات بين الأحداث في المواقف المقننة (انظر الفصل الثامن).

- «النماذج» Prototypes أو «الوحدات» Units في لغة البرمجة لبوبرو ووينوجراد[7] الذي استخدم عمل روش Rosch[19] في تصنيف المفاهيم.

- «الكيانات» Objects في كثير من لغات البرمجة، مثل SMALLTALK[8] LOOPS[20] و FLAVORS[9] و ORBIT[10] FORMES[11] MERING[12].

وسوف أستخدم مصطلح «كيان» oject، لعدة أسباب، أولها أنه عام بدرجة كافية تغطي الدلالات الأخرى، وثانيا لأن المصطلح المنافس «إطار»، رغم أنه كثيرا ما يستخدمه الباحثون الأمريكيون، فقد كثيرا من غنى المعنى الذي كان له عندما اقترحه مينسكي أولا.

خواص الكيانات الهيكلية

سنقدم أولا عددا من المصطلحات التقنية الشائع استخدامها في هذا المجال. كل كيان له عدد من الصفات المميزة attributes، وهي أسماء الخواص التي تحدد الكيان، فالدائرة مثلا لها مركز ونصف قطر، والتفاصيل الشخصية للإنسان تشمل الاسم، والعمر، والجنس، والعنوان، والمهنة. ويمكن أن يكون لكل صفة مميزة عدد من السطيحات FACETS المتمايزة، سيكون بعضها قياسيا: يمكن أن يكون أحدها مجموعة من القيم المكنة التي قد تأخذها الصفة المميزة، وبعضها يمكن أن يكون البدائل الافتراضية التي يمكن أن تتخذ عند عدم تحديد قيمة الصفة المميزة، فيمكن مثلا للكيان «سيارة» أن يكون له صفات مميزة مثل «السرعة القصوى» الذي قد يكون قيمة افتراضية تتراوح بين 70 و 120 ميلا في الساعة. ومن الممكن وضع كيان ما في نقطة معينة من سلم هرمي مع كيانات أخري أعلى وأدنى منه في ذلك السلم الهرمي موحية بقدر أكبر أو أصغر من العمومية، وهكذا يكون الطائر أقل عمومية من الحيوان، ولكنه أكثر عمومية من الكناري.

ويمكن اعتبار الكيان الهيكلي كنموذج، يقارن به الأمثلة الأخرى الجاري

دراستها، وتظهر هذه المقارنة بعض الاختلافات رغم وجود خواص عامة مشتركة، وقد تكون هذه الاختلافات استثناءات حقيقية للنموذج-مثل النعامة فهي لا تطير رغم كونها طائرا، وقد تكون هذه الاختلافات تعبيرا عن التفاصيل الدقيقة التي لم تتوفر في النموذج الذي اقتصر على الصفات العامة. وقد استخدم هذا النوع الأخير وهو مقارنة الشيء بالنموذج في التشخيص الطبي: فتتفق مثلا الأنفلونزا التي يعاني منها مريض بعينه مع نموذج الأنفلونزا المعروف، ولكن سيكون لها مع ذلك بعض السطيحات الخاصة بهذا المريض بالذات.

وتسمح معظم طرق التمثيل بالكيانات الهيكلية بتحديد القيم الافتراضية عندما لا تتوافر معلومات محددة، ويمكن استبدال قيمة افتراضية بقيمة حقيقية إذا توافرت الأخيرة في مرحلة لاحقة. ولا شك أن هذا النوع من الاستدلال-والذي يعرف عادة بأنه غير مطرد[13]-له أهمية قي النشاط الذهني الإنساني ولا يمكن التعبير عنه بمنطق الدرجة الأولى الخالص (انظر الفصل التاسع). وقد أوضحنا المزايا الكثيرة للتعبير عن المعرفة في صورة معلنة في مناقشتنا للبرامج الإجرائية، ولكن كان من الأفضل التعبير عن بعض الأعمال في شكل برامج. وتمكن طريقة التمثيل باستخدام الكيانات من مزج الصورتين (الإجرائية والمعلنة-المترجم)، بإعطاء المعلومات الإجرائية الضرورية مع بعض خواص معينة للكيان. وتشمل لغة البرمجة KRL[7] إجراءات من نوعين اثنين. فهناك ما يسمى الإجراءات «الداخلية» domestic، التي تحدد ما يجب أن يفعل لأداء عمليات معينة بنجاح، مثل إيجاد قيمة بعض الخواص. وسنعطي مثالا على ذلك عندما يكون الكيان هو «تاريخ اليوم» فيما بعد، وهناك الإجراءات «الحارسة»[14] التي تنشط للعمل كلما تحققت شروط معينة-وليست هذه الفكرة بجديدة في الذكاء الاصطناعي، فهي موجودة منذ زمن بعيد. ويوجد هذا المزج بين الصياغة الصورية والإجرائية أيضا في الشبكات الدلالية، حيث ربما ظل الفرق بين الصياغتين غير واضح حتى الآن.

ويرى كتاب كثيرون إنه من المهم أن تستطيع النظر إلى حدث ما من وجهات نظر مختلفة. فيعطي وينوجراد وبوبرو، في KRL, مثالا لحدث يمكن اعتباره إما زيارة لشخص أو كرحلة، ففي الحالة الأولى يتركز الاهتمام

على الأشخاص المعنيين، أما في الثانية فينصب الاهتمام على وجهة ووسيلة السفر.

وليس هناك طريقة عامة لتقرير ما إذا كان نموذج ما قريبا بدرجة كافية من الموقف الذي يجب التعرف عليه. وغالبا ما تكون للخصائص الهامة القيم المطلوبة، ولكن اختبار الخصائص الأخرى قد يؤدي إلى اختلافات أكبر بين النموذج والواقع. ويمكننا القول إنه لا بد من اتخاذ موقف عندما تتجاوز هذه الاختلافات حدا مقبولا: فعندما تكون أعراض المريض مثلا متمشية مع إصابته بالأنفلونزا، ولكنه يعاني من «كحة شائبة loose cough»، فيجب عندئذ النظر في احتمال إصابته بنزلة شعبية.

بعض الأمثلة

افترض أننا نريد أن نصف شكلا مستطيلا بالخواص الأربع الطول، والعرض، وموقع المركز واللون. ويمكن أن نحدد الأرقام كقيم محتملة للخاصتين الأوليين، ونقطة بالنسبة للثالثة، أما القيم المحتملة للرابعة فقد تكون أحمر، أو أصفر أو أزرق، وعلى هذا يكون وصف المستطيل بالشكل التالي:

(تعريف المستطيل

(الطول (القيمة (رقم ما)))

(العرض (القيمة (رقم ما)))

(المركز (القيمة (نقطة ما)))

(اللون (القيمة (الاحتمالات (أحمر أصفر أزرق))))

ونعرض الآن لبعض السطيحات الرئيسة.

١- القيمة. وتحدد هذه قيمة إحدى الخواص المميزة للكيان، ويمكن أن تكون رقم، أو كلمة، أو مجموعة، أو مصفوفة array.

مثال: (كناري

(اللون (القيمة(أصفر))))

ويعنى هذا أن اللون هو أحد الصفات المميزة للكناري فهو إذن «خاصية مميزة <attribute، وأن هذه الخاصية المميزة لها قيمة وهي «أصفر». إذن «أصفر» هي قيمة الخاصية المميزة للكناري-المترجم).

2- البديل الافتراضي. ويحدد القيمة الافتراضية التي تعطى للخاصية المميزة عند غياب معلومات أخرى. ويمكن استبدالها بأي قيمة أخرى دون أن يؤثر ذلك على النسق المنطقي.

مثال: (كرسي

(النوع (القيمة أثاث))

(عدد الأرجل (بديل افتراضي 4)))

(كرسي الجدة

(النوع (القيمة كرسي))

(عدد الأرجل 3)))

في البداية تكون قيمة «خاصية عدد الأرجل» لكرسي الجدة «4» وذلك بنقل القيمة الافتراضية للكيان ألام «كرسي» إلى الكيان المحدد «كرسي الجدة»، ثم استبدلت القيمة الافتراضية بالقيمة الحقيقية لعدد أرجل كرسي الجدة والتي أصبحت معروفة وهي «3».

3- القيود constraints. وتكون هذه القيود في شكل قائمة من المحمولات، تختبر هذه القيود القيمة المعطاة للسطيحات موضع الاعتبار، فإذا كانت صادقة، كان معنى هذا أنها متمشية مع القيود، أما إذا لم تكن فلا يسمح لها بأن تأخذ القيمة.

مثال: (العمر

(قيود (أكثر من صفر)

(أقل من 150)))

ويعني هذا أن البرنامج سيرفض قيمة العمر لإنسان أو حيوان إذا كان العمر أقل من صفر أو أكثر من 150.

4- القيم الممكنة possibilities. وهذه حالة خاصة من القيود، عندما تذكر القيم الممكنة لصفة ما.

مثال: (الجنس

(القيم الممكنة (مذكر مؤنث)))

فهنا تتحدد القيم الممكنة لصفة الجنس بقيمتين اثنتين، هما المذكر والمؤنث، وبالتالي أي محاولة لإعطاء قيمة المحايد مثلا neuter لصفة الجنس، سيرفضها البرنامج ويقول «محايد ليست قيمة صالحة لصفة الجنس».

5- الفاصل intervals.. وهي طريقة أخرى للتعبير عن القيود، فإذا كان القيد رقميا، سيعطى قيمة قصوى ودنيا.

مثال: (العمر

(فواصل (صفر 150)))

6- إجراء procedure. يساعد على بغاء وظيفة(مكتوبة بلغة ليسب) لحساب قيمة السطيحات، ويطلق على هذا النوع من «الارتباط الإجرائي» إجراء داخلي في KRL[7].

فلننظر مثلا إلى كيان مثل «التاريخ»، بسطيحات مثل اليوم، الشهر، السنة، وأيام الأسبوع. ويمكن حساب يوم الأسبوع بسهولة بواسطة وظيفة تأخذ كشرط مبدئي حقيقة أن أول يناير 1905 وافق يوم الاثنين، وتستخدم الحقائق التي تقول أن يوم الأسبوع سوف يتحول لليوم التالي لنفس التاريخ في السنة التالية بشرط ألا تكون السنة كبيسة، وهكذا:

(تاريخ

(يوم (فواصل (311)))

(شهر(فواصل (121)))

(سنة (فواصل (990)))

(يوم-الأسبوع

(قيود (الاثنين الثلاثاء.. . الأحد))

(إجراء (حساب يوم-الأسبوع

(اليوم)

(الشهر)

(السنة)))))

وتعمل أداة التعريف هنا «ال» كوظيفة مساعدة تأخذ قيمة اليوم، والشهر، والسنة من الكيان الذي أنشئ، وتمرر هذه القيم إلى وظيفة حساب يوم الأسبوع.

7- حراسة demon. تحدد وظيفة يجب أن تنفذ كلما تغيرت قيمة الصفة المميزة المناظرة. فإذ أكان لدينا كيان «إشارة-المرور» الذي يمكنه أن يتخذ اللون الأحمر أو الأخضر، فيمكن كتابة وظيفة حراسة للتنبيه كلما تغير لون الإشارة. يمكن كتابة مثل هذه الوظيفة على النحو التالي:

(إشارة
(لون
(قيود (أحمر أخضر))
(حراسة (تنبيه (اللون)))))
ويمكن كتابة وظيفة التنبيه كما يلي:
(تعريف تنبيه (لون)
(اكتب (اختار اللون)
(أحمر «الجهاز مشغول»)
(أخضر «الجهاز خالي»)))

التسلسل الهرمي hierarchies.

من أهم خواص لغات البرمجة للكيانات object programming languages أنها تسمح ببناء تسلسل هرمي للكيانات المختلفة، كما تسمح للخواص بالانتقال من الكيانات الأم إلى فروعها إذا لم تتواجد الصفات المطلوبة على مستوى الكيان موضع النظر. فيمكن مثلا تعريف سلسلة من الكيانات على الوجه التالي:

(تعريف-كيان طائر
(حيوان)
(صفات «يطير»))
(تعريف-كيان كناري
(طائر)
(اللون «أصفر»))
(تعريف-كيان «جوي»
(كناري))
(تعريف-كيان نعامة
(طائر)
(صفات «لا يطير»))

يمكن إجراء الحوار التالي بمساعدة برنامج بلغة ليسب، ترمز «م» هنا لمستخدم البرنامج وترمز «ب» للبرنامج.

الحوار التعليق
م: (صفات نعامة) توجد مباشر على مستوى «نعامة»
ب: لا تطير
م: (صفات «جوي») لا توجد على مستوى «جوي» ولا على مستوى
ب: يطير «كناري» ولكن توجد على مستوى «طائر»
م: (اللون «جوي») لا توجد على مستوى «جوي» ولكن ورثت عن
ب: أصفر «كناري»
لاحظ أن صفات «النعامة» لا تتوافق مع الصفات العامة «للطائر».

تناول الكيانات Handling objects

ونعرض الآن لمشكلة التعرف على كيان ما أو موقف ما، من بين العديد من الكيانات المترابطة بمختلف العلاقات التي، عادة ما يكون من بينها علاقات التسلسل الهرمي 4 والمطلوب هو تحديد الكيان الذي يتفق مع المواصفات المعطاة بأكبر قدر ممكن من التطابق والتفصيل. فإذا كان الموضوع قيد البحث عن التشخيص الطبي لاضطرابات شرايين المخ بالتحديد، كان من الأفضل تسمية، حالة كجلطة فقر الدم الموضعي أفضل من تسميتها فقر الدم الموضعي، لأن التسمية الأولى تعطى قدرا أكبر من التفاصيل.

وعادة ما يكون الكيانات، إحدى حالات ثلاثة (سزولوفتش [15] SZolovits):

حالة نشطة-عندما يكون الكيان موجودا فعلا في قائمة للافتراضات الحالية، التي يجري البحث في مدى صحتها.

حالة شبه نشطة-عندما يكون وضع الكيان في قائمة الافتراضات مطروحا، ولكن ليس بالقوة الكافية لوضعه فعلا في هذه القائمة.

حالة غير نشطة-عندما يكون قد رفض كل افتراض يؤدي إلى وضع الكيان في قائمة الافتراضات القائمة أو لم ينظر فيه.

وعادة ما تنظم عملية اختبار الافتراضات بالشكل التالي:

أ- إدخال البيانات الأولية.

ب- وضع إطارات للافتراضات المختلفة باستخدام القواعد المتعلقة بالبيانات.

جـ- ترتيب هذه الافتراضات طبقا لمعايير معينة.

د- اختبار الافتراضات بإضفاء سطيحات الكيانات التي خلقت، مما قد يؤدي إلى استنتاج حقائق جديدة من الحقائق الموجودة من قبل، وعندئذ تضاف افتراضات جديدة، مع إمكانية العودة إلى الخطوة (ب)، إذا وجد أن الافتراض الحالي يجب أن يستبدل بآخر. ويمكن توجيه أسئلة للبرنامج أثناء عملية إضفاء القيم، شأنه في ذلك شأن البرامج التي تعتمد على قاعدة القواعد.

هـ- إذا تبين وجود أكثر من افتراض قابل للتطبيق-بعد اختبار صحة جميع الافتراضات في القائمة-توضع سياسة مؤقتة للتمييز بين هذه الافتراضات.

و- يتم إخراج الاختيار الأفضل، أو إعطاء عدة اختيارات إذا تحققت فيهم الشروط المطلوبة.

الاستدلال بمعلومات ناقصة وباستخدام القيمة الافتراضية

Reasoning from incomplete information, and by default

يستطيع الإنسان القيام بمعظم العمليات الاستدلالية برغم غياب المعلومات الكاملة التي لا يؤدي نقصها إلى إعاقة التفكير.

وقد بين البحث في إمكانية محاكاة تفكيرنا عدم ملاءمة الوسائل التقنية كشجرة اتخاذ القرار، لفشلها في حالة المعلومات الناقصة في اتباع الفرع التالي من الشجرة. ومن هنا، كما لاحظ ريتر Reiter[16]، استحدثت في جميع برامج الذكاء الاصطناعي قاعدة صريحة تنص على «إذا لم تستطع استنتاج معلومة معينة من قاعدة المعلومات، إذن.....».

والاستدلال باستخدام القيمة الافتراضية هو أساسا وسيلة للتعامل مع الاستثناء. فمعظم الحقائق في الحياة العملية تأخذ شكل «معظم الأشياء هكذا» أو «معظم الأشياء لها صفة كذا». وذلك مثل قولنا «معظم الطيور تطير» بمعنى «جميع الطيور تستطيع الطير ما عدا النعامة، والبطريق..».

ونظرا لضرورة أن يكون البرنامج سليما من الناحية المنطقية، فلا بد لأي برنامج مبني على منطق المحمول من الدرجة الأولى أن يتضمن بوضوح جميع الاستثناءات لأي قضية منطقية، وعلى هذا لابد من التعبير عن الحقيقة السابقة بالشكل التالي:

(7 س) طائر (س) 28 نعامة (س) 28 بطريق (س) ب ===> يطير(س)

ولكن لا يسمح لنا هذا بأن نستنتج أن الطيور عادة تستطيع الطيران، ولكي يثبت البرنامج أن طائرا بعينه «س» يطير، لا بد له من تحقيق الأهداف الوسيطة التالية:

س ليس بنعامة، وس ليس ببطريق

والذي يكون مستحيلا لو اقتصرت المعلومات المحددة بالبرنامج على أن «س» هو طائر.

وعادة ما تشمل البرامج التي تستخدم منطق الدرجة الأولى قواعد من نوع «إذا كان س كيانا، وإذا كانت 2 ك (س) لا يمكن أن يستدل عليها من قاعدة البيانات، إذن افترض ك (س) صادقة» وليست هذه الفكرة من مفاهيم منطق الدرجة الأولى. وقد ضمنت هذه القاعدة في لغة برولوج[17] بواسطة المعامل NOT, وفي MICRO-PLANNER[18] بواسطة المعامل THENOT. ولا يمكن أن تكون لغة برمجة قابلة للتطبيق بدون مثل هذه القاعدة، لأن بدونها سيتحتم إضافة عدد هائل من الحقائق المنفية بوضوح إلى البرنامج.

المراجع

(1) Eco, U. (1982), Le Nom de la rose, Paris, Grasset.

(2) Bartlett, F. (1932), Remembering, a study in experimental and so cial psychology, London, Cambridge University Press.

(3) Minsky, M. (1975), A framework for representing knowledge, in P. Winston (ed), The psychology of computer vision, New York, McGraw-Hill.

(4) Roberts, B. Goldstein 1. (1977). The FRL manual, MIT AT La boratory memo 409, September 1977. (FRL = Frame Representation language.)

(5) Stefik, M. (1979), An examination of a frame-structured repre sentation system,IJCAI-79, Tokyo

(6) Schank, R., Abelson, R. (1977), Scripts, plans, goals and under standing, Lawrence Eribaum Ass., Hilisdale, NJ.

(7) Bobrow, D., Winograd, T. (1977), KRL, another perspective, Cognitive Science 3, pp. 29- 42. (KRL = Knowledge Representation Language).

(8) Kay A. Goldberg A. (1977), Personal dynamic media, Computer 10, pp.31- 41.

(9) Moon, D.A., Weinreb, D. (1980), FLAVORS: message-passing in the LISP machine,MIT, Al memo 602.

(10) Steels, L. (1982), An applicative view of object oriented pro gramming. European Conference on Integrated Interactive Computing Sv.ctems Stress It!ilv

(11) Cointe, P. Rodet X. (1983), Formes: a new object-language for managing a hierarchy of events:, IFIP-83, Paris.

(12) Ferber J. (1984), MERING: un langage dacteur pour la repre sentation des connaissances et la comprehension du langage naturel, 4 Congres de Reconnaissances des formes et intelligence artificielle, Paris, pp. 179- 189.

(13) McDermott, D., Doyle, J. (1980), Non-monotonic logic I, Artificial intelligence, Vol. 13, 1 & 2, PP. 4 1- 72.

(14) Selfridge, 0. (1959), Pandemonium a paradigm for learning, Symposium on mechanization of thought process, National physical Laboratory, Teddington, England.

(15) Szolovits, P., Pauker, S.G. (1978), Categorical and probabilistic reasoning in medical diagnosis,Artificial Intelligence, 11, pp. 115- 144

(16) Reiter, R. (1978), On reasoning by default, Theoretical issues in Natural Language Processin-2, University of Illinois.

(17) Roussel, P. (1975), PROLOG, manuel de reference et dutilisation, Groupe dintelligence artificielle, Marseille.

(18) Hewitt, C., (1972), Description and theoretical analysis (using schemata) of PLANNER: A Language for proving theorems and ma nipulating models in a robot, Al memo 271, MIT.

(19) Rosch, E. (1975), Cognitive representation of semantic cat regories, Jounal of experimental psychology, 1975, 104, pp. 192- 233.

(20) Bobrow, E., Stefik, M. (1983), the LOOPS manual, Xerox PARC. Palo Alto.

14 برامج لعب الشطرنج وحل المسائل

برامج لعب الشطرنج

ينظر كثير من الناس إلى كتابة برامج لعب الشطرنج أو البريدج على أنها نوع من العبث، ولكن هذه النظرة غالبا ما تعكس عدم القدرة على إدراك الأهمية البالغة للتحليل، وبحث طرق التمثيل المختلفة لكل وجه من وجوه التفكير الإنساني، فقد أدت الأبحاث في برامج لعب الشطرنج، في الواقع، إلى اكتشاف خوارزم للبرمجة ذات كفاءة عالية في البحث في بنية الشجرات التي تستخدم حاليا لتمثيل تتابع حركات قطع الشطرنج الممكنة في اللعبة (انظر شكل 14-2). كما أن الإنسان يستخدم في لعبة مثل الشطرنج نفس العمليات الإدراكية التي يستخدمها في النواحي الأخرى التي تعتبر أكثر جدية، كما أنه يستخدم نفس الاستراتيجيات التي يستخدمها في المواقف التي يواجه فيها خصما والتي يطمح في أن يرى النجاح لخططه والفشل لخصومه.

وقد كان بناء برامج لعب الشطرنج من أولى اهتمامات الباحثين في الذكاء الاصطناعي، وتعود

أولى الأفكار في هذا المجال للباحث كلود شانون Claude Shannon[1] في عام 1949 عندما لم يكن اسم «الذكاء الاصطناعي» قد عرف بعد. وقد اقترح شانون نظاما لتمثيل الأربع والستون مربعا على اللوح، ومجموعة من القيم لقطع الشطرنج المختلفة (الوزير = 9، الطابية = 5، الفيل 3، الحصان = 3، العسكري =1)، لاستخدامها في تقويم أي وضع من أوضاع اللعبة، بالأخذ في الاعتبار قدرة القطعة على الحركة (عدد التحركات القانونية الممكنة)، وتنظيم العساكر (إعطاء قيمة سالبة للعساكر المعزولة أو المزدوجة في نفس الرتبة). وكان اقتراحه لمعالجة المشكلة يتلخص في النظر-في كل وضع من أوضاع اللعبة-في جميع الحركات الممكنة للاعب الذي عليه الدور، ثم النظر في جميع الردود الممكنة لخصمه، وكف الحركات التي يمكن أن تكون ردا لها.. وهكذا، على أن يقوم جزء من البرنامج بوضع قيمة لكل وضع ممكن من أوضاع اللعبة، ثم اختيار الحركة التي تؤدي إلى أفضل وضع للاعب في مرحلة تالية للتركيب الشجري الذي كونه البرنامج.

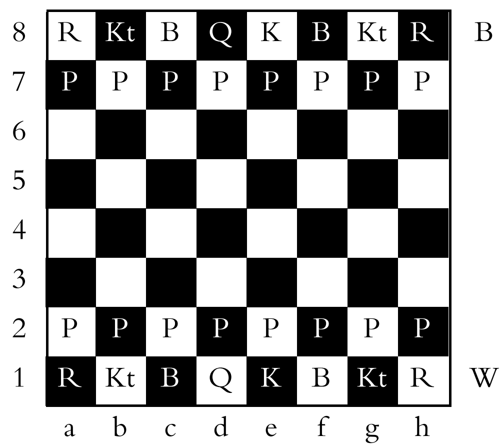
وقد قدم خلفاء شانون معاييرا جديدة من أجل تطوير برنامج تقييم أوضاع لعبة الشطرنج. فقد اقترح ريتشارد جرينبلات، Richard Greenblatt[2] من معهد ماسوتشوستس للتقنية استخدام بارامتر لتشجيع اللاعب الحاصل على أكبر عدد من النقاط على استبدال القطع، وآخر لقياس الأمن النسبي لكل من ملكي الشطرنج. وقد أدخلت معايير أخرى منذ ذلك الحين، مثل السيطرة على مركز اللعب والتحكم في إمكانيات الهجوم، إلا أن أهمية هذه المعايير قد تختلف من وقت لآخر أثناء اللعب، فتقل مثلا أهمية الأمن الأنسب للملكين كلما استبعدت القطع الرئيسة من اللعب.

وعندما اقترح لأول مرة بناء برامج للعب الشطرنج، اعتبر ذلك تحديا عظيما[3]، ومازال يعتبر حتى اليوم مشكلة أمام الذكاء الاصطناعي، مع أن البرامج المتوافرة تجاريا الآن (1984) لا تتفق مع طرق الاستدلال الإنسانية إلا في أقل القليل. فإن الانفجار التوافقي combinatorial explosion يبلغ هنا درجة من الاتساع يستحيل معها إجراء بحث مستفيض لكل الأوضاع في اللعبة التي يمكن التوصل إليها، ولهذا تتحدد المشكلة في التوصل إلى حل مقبول، أي أفضل الحلول الممكنة في حدود الوقت المتاح، بالرغم من عدم استكمال عملية البحث. وتتضح استحالة إجراء البحث المستفيض من حقيقة

أنه إذا كان متوسط الحركات في دور الشطرنج تبلغ ثمانين حركة، فإن العدد الكلي للأوضاع المختلفة للعبة يبلغ،10 أس 120.

وفي حالة برمجة منهج شانون بالطريقة التقليدية، يصير اختيار الخطوة التالية في اللعبة بتقويم شجرة الحركات الممكنة، من أعلى لأسفل حتى عمق محدد، ويفترض البرنامج أنه على مستوى كل عقدة سيختار اللاعب الذي عليه الدور الفرع «الأفضل» بالنسبة له. وعادة ما يتحدد «الأفضل» هنا بواسطة قيمة وظيفة محددة. فإذا كان لأبيض هو الذي يلعب، وكان البرنامج جدد أن القيمة العالية للوظيفة تعني تفوق الأبيض، فعلى البرنامج أن يختار الأفرع التي تزيد القيمة في العقد الفردية (اللعب للأبيض)، وتقللها في العقد الزوجية (اللعب للأسود)، ويسمى هذا خوارزمية الأدنى-الأعلى minimax algorithm[4].

ويظهر تمثيل لوحة الشطرنج المستخدم هنا في شكل14-1. وكمثال بسيط



أبيض	W: Wight	B: Black	أسود
طابية	R: Rook	Kt: Knight	حصان
ملك	K: King	Q: Queen	وزير
فيل	B: Bishop	P: Pawn	عسكري

شكل 14-1 أسماء قطع الشطرنج وعلامات اللوحة

جدا، طرحه فراي Frey[5]، انظر إلى حركات بدء اللعبة الموضحة في شكل 14-2، والتي يبدأ اللعب فيها الأبيض كما هو متبع. يقوم البرنامج بتقويم القليل من الحركات الممكنة، كحركات الوزير والطابية، ويقوم بتقويم الشجرة حتى عمق 4، أي حركتان للأبيض واثنان للأسود. وتوضع علامة على العقد في شكل مربع أو دائرة لتوضيح ما إذا كان الدور للأبيض أو للأسود بهذا الترتيب، كما ترقم بحسب ترتيب اختبارهم. والاستراتيجية المستخدمة هي «العمق أولا»، بمعنى أن الفروع التي تختار تتيح استنفاذ أقصى عمق ممكن قبل اختيار فرع آخر على نفس المستوى.

ويفحص البرنامج حركات القطع على النحو التالي:

1- عسكري e4-e2 عسكري e5-e7

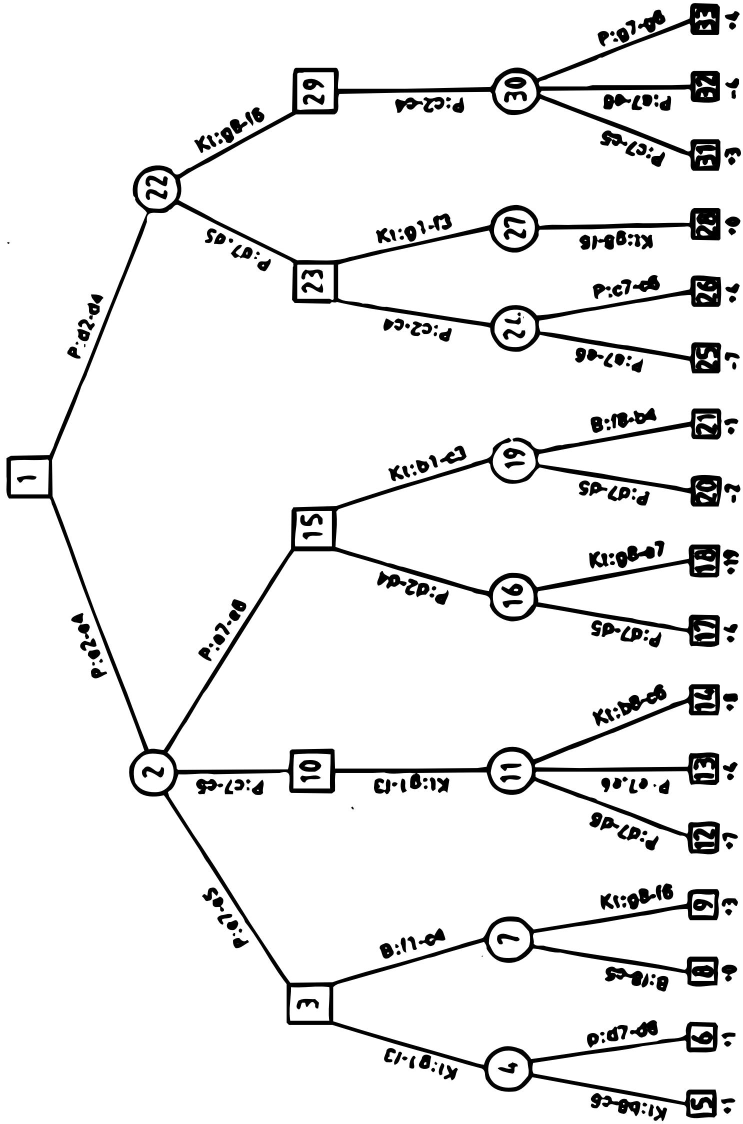
2- حصان f3-g1 عسكري d6-d6

ويحسب البرنامج القيمة النهائية في وضع 5، ويخزن النتيجة +1، ثم يستمر مؤديا إلى قيمة +1 في وضع[6]، وهكذا حتى يصل إلى نهاية الأطراف السبعة عشر في الشكل الجاري تقويمه. وبعد أن يقوم البرنامج بتقويم عقدة ما، تعطى هذه القيمة للعقدة التي تعلوها مباشر، وتظل هناك حتى تستبدل بقيمة أفضل (أي أعلى)، آتية من عقدة أخرى منحدرة عنها. ويستمر البرنامج هكذا حتى ينتهي من تقويم جميع العقد (6)، ويصل إلى العمق المحدد سلفا، وإلى الحركة التي ترفع قيمة الوظيفة لأعلى حد ممكن.

وتستخدم أفضل البرامج وظائف تقويم معقدة، ولكن لننظر-على سبيل المثال-إلى الشكل البسيط التالي. عند وضع معين من أوضاع اللعبة، دع قب (قانوني أبيض)، قس (قانوني أسود) يرمزان لعدد الحركات القانونية للأبيض والأسود في اللعبة، ودع صب، ومس يرمزان لأقل عدد ممكن من الحركات اللازمة لكن الملك، ودع مب، ومس يرمزان لعدد المربعات المركزية التي هو جمت، إذن تكون الوظيفة كالآتي:

و= (قب-قس)+ 3 (صب-صس) + 3 (مب-مس)

والتي تعني أن ميزة الأبيض (تقاس بالقيمة الكبرى ل «و») تكون أكبر، كلما كان عدد الحركات القانونية المتاحة له أكبر، وكلما كان عدد المربعات المركزية التي يستطيع مهاجمتها أكبر، وكلما كان أقرب إلى إعطاء كش. ويبين شكل 14-3 كل القيم الوسطى للشجرة الموضحة في شعل 14-2 المؤدية



شكل 14-2 شجرة فرعية لحركتين مختلفتين يمكن أن يفتتح الأبيض بأحدهما اللعب-فراي[5]

للقيم النهائية الموضحة. كما يوضح شكل 14-4 أن العقدة 2 تتناسب مع القيمة القصوى +1، وعلى هذا يجب على الأبيض أن يلعب p : e2-e4.

ويلاحظ القارئ اليقظ ما يلي:

أ- لا يقوم اللاعب البشري إطلاقا بهذه الحسبة إثناء لعب الشطرنج: فإنها معقدة للغاية. وحتى هذه الحسبة ما هي إلا تبسيط هائل لما يجري بالبرامج المتاحة بالسوق الآن، فهي لا تقوم عشرات قليلة من أوضاع اللعبة، بل تقوم آلافا عديدة.

ب- ليس هناك ضمان أن تكون الوظيفة المختارة هي «الأفضل». فلا بد من أن تكون هناك اعتبارات يأخذها اللاعبون الكبار في الحسبان، ولكن يصعب جدا حسابها، وبالتالي إدخالها في وظيفة التقويم.

وقد كان جاك بيترات Jacques Pitrat[7] من جامعة باريس أول من عالج

Terminal position	Legal Moves		Moves to check		Center squares attacked	
	White	Black	White	Black	White	Black
5	27	29	2	3	3	3
6	27	32	2	3	3	2
8	33	33	2	2	2	2
9	33	27	2	2	2	2
12	27	29	2	4	3	2
13	27	29	2	3	3	2
14	27	25	2	4	3	3
17	38	34	3	3	3	3
18	38	22	3	3	3	2
20	33	35	3	3	3	3
21	31	33	3	2	3	1
25	30	34	4	3	3	3
26	30	29	4	4	3	2
28	29	29	3	3	4	4
31	30	24	4	3	3	3
32	30	28	4	2	3	3
33	30	23	4	2	3	2

شكل 14 - 3 حساب أولي لوظيفة التقويم - وفقا لفيري (5)

المشكلة الموضحة في (أ) أعلاه، ثم تبعه ويلكنز Wilkins[8]، حيث قدما فكرة الاستراتيجيات العليا high-level shategies كوسيلة لتمحيص الشجرة.

Node	Value from Minus	Node	Value from Minus	Node	Value from Minus	Node	Value from Minus
4	+1	13	+1				
7	0			2	+1		
11	+4	10	+4				
16	+4	15	+4			1	+1
19	-2						
24	-7	23	0				
27	0			22	-4		
30	-4	29	-4				

شكل 14 - 4 تقويم يصل إلى جذر شجرة شكل 14 - 2 فراي (5)

وقد جعل هذا إهمال كافة الفروع-عدا «المبشرة» منها فقط-ممكنا، حيث يعرف «المبشرة» في ضوء الهدف المطلوب تحقيقه. وقد يكون الهدف هو «خذ هذه القطعة أو تلك من الفريق المضاد» أو «كش الملك للفريق الآخر»، ويضع البرنامج أهدافا فرعية، يؤدي تحقيقها إلى إنجاز الهدف الرئيسي. ويستطيع البرنامج الذي يستخدم مثل هذه الاستراتيجية التطلع لعشرين حركة أو أكثر للأمام-الأمر الذي يستحيل تحقيقه في ظل منهجية البحث المستفيض-لأنه لا يحتاج إلا لاختبار الحركات التي تؤدي لتحقيق أحد الأهداف الفرعية.

وتحدد طبيعة الهدف الرئيسي المطلوب تحقيقه شكل الاستراتيجية التي يتبناها البرنامج. فإذا اختار البرنامج حماية الملك كهدف رئيسي، فسيجد عدة طرق لتحجيم الأخطار التي تهدده ة قد يكون أحدها مهاجمة الوزير المضاد، ويصبح هذا هدفا فرعيا رقم (1) ولتحقيق ذلك قد يجد البرنامج أنه لا بد أن يحرك الفيل أو الحصان ؟ فإذا اختار تحريك الفيل، فيصبح ذلك هدفا فرعيا رقم (2). وقد يظهر عندئذ أن مثل هذه الحركة قد تترك أحد العسكر دون حماية، ولهذا فلا بد من تقديم عسكري آخر لحماية الأول الذي كان محميا بالفيل قبل تحريك الفيل، ويصبح هذا هدفا

فرعيا رقم (3)، وهكذا.

وتكون الأشجار في ظل هذه المنهجية أكثر محدودية much narrower من أشجار البحث المستفيض، إلا أنها أكثر عمقا، كما ينخفض عدد الأوضاع التي يجري بحثها من عدة آلاف إلى معان قليلة، أو حتى عدة عشرات، وهكذا يبدأ البرنامج في العمل بطريقة اللاعب الإنساني. وتربط الاستراتيجية عددا من الحركات المتتالية في ظل هذه المنهجية، بخلاف البحث «الأعمى» الذي لا يوجد فيه ما يمكن أن يربط بين حركتين متتابعتين، لأنه يجري إعادة تقويم الشجرة بأكملها نتيجة لتغير الشروط. وبهذا يكون أي تشابه بين هذه الطريقة والسلوك الإستراتيجي نتيجة الصدفة البحتة.

وقد ظهرت الحاجة لوظيفة التقوم-في غيبة شيء أفضل-لأنه لا بد من تزويد الحاسب بما يحل محل نظرة اللاعب الإنساني التي تستوعب الموقف على لوحة الشطرنج بأكمله في ثوان معدودة. وقد لا يكون اعتماد البرنامج على مثل هذه الوظائف هو المبدأ الأفضل، ومن المحتمل جدا أن يكون تقليل الاعتماد على هذه الوظائف في المستقبل لصالح الطرق التجريبية التي نستخلصها من اللاعبين المهرة ذا فائدة عظيمة في المستقبل. وعلاوة على ذلك، إذا استطعنا بناء برامج تضاهي مهارتها في اللعب مهارة كبار اللاعبين، تمكنا من فهم الاستراتيجيات التي يستخدمها كبار اللاعبين.

ونود أن نضيف أن النجاح في بناء برامج تلعب الشطرنج ببراعة تتعدى أهميته لعبة الشطرنج إلى الذكاء الاصطناعي بوجه عام: فهو يؤدي إلى فهم أفضل لمفهوم «الخطة»، ويؤثر أيضا في فهم اللغات الطبيعية. فكثيرا ما يحدث أننا لا نستطيع فهم مغزى حدث ما بدون معرفتنا بدوافع المشاركين فيه، التي تفسر تصرفاتهم في ضوء مخططاتهم.

وأخيرا، فمن الطريف أن نذكر أن برنامج لعب الطاولة الذي كتبه هانز بيرلينر Hans Berliner[9] قد هزم بطل العالم في اللعبة. وقد اعترف بيرلينر نفسه أن برنامجه قد حالفه الحظ، لأن كل دور اعتمد على رمية الزهر، وقد أظهرت دراسة جادة بعد انتهاء اللعبة أن 8 من بين 73 حركة لم تكن مثلى. وكان هذا في الواقع حدث فريد في تاريخ الذكاء الاصطناعي، ويمكن تعميم بعض المناهج المستخدمة في تقويم أوضاع اللعب إلى مسائل أخرى.

حل المشاكل

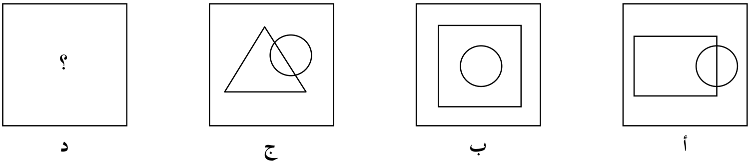
يعتبر حل المشاكل من أكثر الأنشطة الذهنية استخداما، ويتراوح بين مسائل مثل «كيف أمط إلى بيتي من برنجهام ؟» إلى اختبارات الذكاء، أو مشكلة آكلي البشر والإرساليات التبشيرية التي سنتحدث عنها فيما بعد في هذا الفصل.

١ - التناظر الهندسي

من الأنماط المعتادة في اختبارات الذكاء إعطاء مسائل تحتوي على رسومات مختلفة، ثم السؤال عن القاعدة التي تحول رسم أ إلى رسم 2، ثم عن الشكل التالي منطقيا لشكل 3. ونعرض المثال التالي لايفانز[10] وبوندى[11] Evans and Bundy.

وتتلخص الطريقة في أن تجد أولا وصفا لفظيا لكل رسم، وتستنتج قاعدة تربط كل رسم بالرسم الذي يليه، وعادة لن تجد القاعدة في المحاولة الأولى، لأنه يتعين في أغلب الأحيان اختبار عدة احتمالات، مع التوصل إلى القاعدة التي تنطبق أيضا على التحويل الثاني.

عندئذ يجب التوصل إلى تمثيل رمزي للوصف اللفظي للرسم، والذي يمكن على أساسه التعبير عن كافة علاقات الشبه والاختلاف بين الرسوم المختلفة. ونحن نقوم بهذه العملية بأنفسنا دون وعي منا، ولكن كان لابد من جعلها واضحة محددة حتى يمكن للحاسب أن يستخدمها، ذلك كالانتقال من جملة بلغة طبيعية إلى التمثيل الداخلي لها المكون من مجموعة من



شكل 14-5 ماذا يكون د ؟

العلاقات بين الأسماء والأفعال.. وهكذا. يمكن أن يكون الوصف اللفظي للمسألة في شكل 14- 5 كالآتي مثلا:

أ: مربع بدائرة على محيطه.

ب: مربع بدائرة في داخله.
ج: مثلث بدائرة على محيطه.
والقاعدة التي تغير شكل أ إلى شكل ب هي:
غير «على محيطه» إلى «في داخله»
والتي عندما تطبق على ج تعطي:
د: مثلت بدائرة في داخله.

ويمكن بناء الوصف الرمزي لهذه الأشكال بتعريف المحمولين «على-محيط، في»، وتكون حدودهما الأشياء في الشكل، مما يعطينا:
أ: (على-محيط دائرة مربع)
ب: (في دائرة مربع)
ج: (على-محيط دائرة مثلت)
وتكون القاعدة إذن: أ ←—— ب غير على-محيط إلى في
والتي إذا طبقناها على شكل ج، تكون النتيجة:
د: (في دائرة مثلث)

ولا شك أن قدرة التعرف على التشابهات والاختلافات بين المواقف المختلفة سمة رئيسة ونموذجية لعمليات التعليم التي سوف نناقشها في الفصل التاسع عشر؟ وهي أيضا أساسية لعملية الاستدلال المنطقي بشكل عام.

2- مشكلة «المبشرون وآكلو لحوم البشر»

تواجد ثلاثة مبشرين مع ثلاثة من آكلي لحوم البشر سويا بالضفة الشرقية (ش) لأحد الأنهار، ويودون جميعا عبور النهر للضفة الغربية (غ) ؟ ولديهم قارب لا يتسع إلا لراكبين فقط كل مرة. وإذا زاد في أي مرحلة، وفي أي ضفة من النهر، عدد آكلي لحوم البشر عن عدد المبشرين، فإن شهية آكلي لحوم البشر للحم الآدمي تنفتح، وتكون العواقب وخيمة للمبشرين، الذين يحاولون تجنب حدوث ذلك بأي ثمن. ويعتبر القارب جزءا من الضفة التي يكون فيها. والمشكلة هي نقل كل فرد عبر النهر، مع الحفاظ على سلامة المبشرين. وقد علق دانيال كايزر (16) على ذلك قائلا لي إنه لا يستطيع أن يرى لماذا لا يستطيع اثنان من آكلي لحوم البشر الإجهاز على

ثلاثة من المبشرين: ولكي يبدي برنامجا مثل هذه الملاحظة، لابد أن يكون ذكيا جدا.

ومشكلة الذكاء الاصطناعي هنا هي كتابة برنامج يستطيع أن يجد بنفسه الخطوات الواجب اتخاذها-من يركب القارب ذهابا وإيابا-لتحقيق الهدف المنشود؟ ولتحقيق ذلك، يجب أن نعطى الحاسب وصفا صوريا للحالة الأولية (الحالة التي يكون فيها المبشرون وأكلة لحوم البشر في الضفة التي يرغبون الانتقال منها-المترجم)، ووصفا آخر للحالة النهائية (عند انتقالهم جميعا سالمين إلى الضفة الأخرى من النهر-المترجم)، ومعاملات تغيير الحالة. ولابد أن يتأكد البرنامج أنه في جميع الأوقات تتوافر الشروط التالية:

يزيد عدد المبشرين (م) عن عدد آكلي لحوم البشر (آ)، في كل ضفة من النهر أو في القارب أثناء إبحاره، إلا إذا كان (م) = صفر في أي موقع من المواقع.

ويجب أن نلاحظ هنا أننا في حديثنا عن بناء الوصف الصوري للمواقف المختلفة، تجاهلنا العملية الدقيقة للانتقال بالجمل من صورتها الطبيعية إلى تمثيل رمزي باستخدام المعاملات والحالات: وهذه العملية أصعب جزء في البرنامج وتتطلب فهما عميقا جدا للغة. فمثلا حقيقة أن «وجود المبشرين يفتح شهية آكلي لحوم البشر للحم الآدمي..»، ينطوي بداهة على أن عدد (م) يجب أن يزيد عن عدد (آ).. الخ، يمثل استنباطا لا يسهل على برنامج أن يتوصل إليه. وتبلغ هذه المشكلة بالذات درجة من السهولة تجعل القيام ببحث أعمى ممكنا، أي يمكن للبرنامج أن يطبق جميع المعاملات، مع مراعاة قيد واحد، وهو أنه لا يجب السماح بحالة يزيد فيها عدد أكلي لحوم البشر عن عدد المبشرين.

ويكون التعريف الصوري للمشكلة كما يلي:

الحالة الأولية: ش = (م م م آ آ آ) (كل فرد في الضفة الشرقية)

غ = صفر

الحالة النهائية: ش = صفر

غ-(م م م آ آ آ) (كل فرد في الضفة الغربية)

وهناك أيضا مجموعة من المعاملات مع = (مع 1، مع 2، مع 3، مع 4، مع

5) وتعريفاتهم. وهذه المعاملات لا تطبق إلا تحت ظروف محددة، وينتج عن تطبيقها تغير في الحالة، فمثلا يمكن تعريف مع 1 على النحو التالي:

نقطة البداية: ش أو غ

نقطة النهاية: ش أو غ

الشروط:

1- نقطة البداية≠ نقطة النهاية

2- (مبشر واحد على الأقل وآكل لحوم بشر واحد في المكان الأصلى)

N (C, ORIGIN) 1,n (M, ORIGIN) > 1

النتيجة:

نقطة البداية ===> نقطة البداية-(م آ) وصف لحالة جديدة

نقطة النهاية ===> نقطة النهاية + (م آ)

ويمكن الرجوع إلى البرنامج الكامل لهذا المثال في بوندي Bundy[11].

وما يعيب طريقة حل المسألة التي عرضناها أعلاه هو أن الحل خاص جدا لهذه المسألة بالذات، ولا يمكن تعميم استخدامه لحل مسائل أخرى، وقد أدت هذه الاعتبارات بباحثين آخرين مثل JeanLouiv Lauriere أن يحاولوا تطوير طرق أكثر قابلية للتعميم مثل ALICE[12]. ويعتبر (الحلال العام للمسائل) General Problem Solver (GPS) الذي بناه نيويل وسيمون، وشو Newell, Simon and Shaw[13] أفضل برنامج في هذا المجال.

3- برنامج حلال المشاكل العام The GPS Program

يجب تحديد الحالات الأولية والنهائية (البيانات والأهداف)-كما هو الحال في برامج حل المسائل-كما يجب أيضا تحديد معاملات تغيير الحالات، لكن-في البرنامج العام-يمكن أن تتخذ المعاملات شكلا أكثر عمومية، لأن هدفها الوحيد هو تقليل الفرق بين الحالة الراهنة والهدف، وذلك باتباع منهجية الوسيلة التي تحقق الهدف، والتي يمكن تطبيقها على مسائل تختلف اختلافا بينا.

فإذا كنت أريد حل مشكلة الذهاب من منزلي-لنقل أنه في لندن-إلى أدنبره، فإنني أبحث عن معامل يمكن أن يخفض الفرق بين حالة «المنزل» وحالة «في أدنبرة». وهذا الفرق هو اختلاف في الموقع، ويمكن تقليلة

باستخدام الطائرة أو القطار؟ ولكن لا تقلع الطائرة ولا القطار من المنزل، وإنما من المطار أو عطه السكك الحديدية، وهكذا أصبح لدي هدف فرعي «الوصول إلى المطار (أو محطة السكك الحديدية)، والذي يتعين علي الآن أن أخطط لتحقيقه.. وهكذا. ومن إحدى السمات الهامة المميزة للبرامج العامة، أن المعامل الذي اختير لتقليل الفرق بين الحالة الأولية والنهائية قد لا يكون قابلا للتطبيق في الموقف المطروح في ذلك الوقت، مثل الطائرة أو القطار، وبدلا من أن يقوم GPS برفض هذا المعامل، فإنه يحاول أن يغير الموقف ليصبح مناسبا لهذا المعامل. ونلخص فيما يلي أنواع الأهداف التي يستطيع GPS التعامل معها:

1- تحويل كيان-1 إلى كيان-ب

2- تقليل الفروق بين أ و ب بتعديل أ

3- تطبيق معامل ما على أ

وتستطيع أكثر نسخ GPS عمومية أن تحل أحد عشر نوعا مختلفا من المسائل، بما في ذلك الألغاز ومسائل تتعلق بمجالات خاصة مثل الشطرنج والتكامل الرمزي. إلا أن أداءه في المجال الأخير أقل كثيرا من البرامج المتخصصة مثل-MAC SYMA[14] أو SAINT[15]. ولكن لم يقصد أبدا أن يكون GPS كفؤا، ويجب اعتباره، كما ذكر مؤلفو البرنامج «سلسلة من الدراسات التي تهدف إلى تقديم فهم أفضل لطبيعة عملية حل المسائل والآلية المستخدمة في التوصل إلى حلول لها».

4- برنامج أليس The ALICE Program

يستطيع برنامج أليس-الذي أعد بواسطة حين لوي لوريير-Jean-Louis Lau riere[12] من جامعة باريس-أن يحل المسائل الرياضية والمنطقية المكتوبة بلغة تستخدم مفردات نظرية المجموعات والمنطق التقليدي.

وتحدد المسألة في أربعة أجزاء:

1- التعريف، مسبوقا بكلمة «دع» LET، ويعرف هذه العناصر التي تتكون منها المشكلة ويحدد أنواعها.

2- الهدف، مسبوقا بكلمة «أوجد» FIND، و يحدد القيم التي يجب أن توجد.

3- القيود، مسبوقا بكلمة «مع» WITH، ويحدد العلاقات بين المتغيرات في المسألة.

4- البيانات، التي يمكن أن تكون عددية أو رمزية.

وهناك ثلاث مراحل رئيسة في عملية الحل:

أ- مد القيود، باستبدال القيم التي اختيرت لمتغيرات معينة. وهنا يظهر برنامج «أليس» مهارته باستخدام القيود فهو لا يستخدمها وفق ترتيب ثابت مسبق، بل طبقا لمعايير خاصة مثل استخدام القيود القصيرة قبل الطويلة منها.

(ب- توليد الفروض ؟ تتم الاختيارات بأكبر قدر ممكن من الذكاء، بانتقاء القيم الأكثر احتمالا.

جـ- التوصل إلى الحل مع إظهار أنه الحل الأمثل.

ويتميز برنامج «أليس» بقدرته على حل مسائل الهاليز الرياضية بوجه خاص، فمثلا:

```
  G E R A L D
+ D O N A L D
= R O B E R T
```

حيث يمثل كل من الحروف G E R A L D O N B T رقما تحت العشرة؛ صفر , ۱ , 2 9000، وكلها مختلف والمجموع صحيح، والأرقام الأولية G D R كلها ليست صفرية

وإذا كانت a,b,c,d,e هي الأرقام المرحلة من اليسار إلى اليمين في عملية الجمع، فإن برنامج «أليس» يقوم بتوليد العلاقات التالية والتي تشكل القيود في هذه المشكلة:

(1) $2D = T + 10e$

(2) $e + 2L = R + 10d$

(3) $d + 2A = E + 10c$

(4) $C + R N = B + 10b$

(5) $b + E + O = O + 10a$

(6) $a + G + D = R$

وتكون الاستنتاجات الأولى التي يتوصل إليها البرنامج؛

T رقم زوجي، توصل إليها بواسطة[1]

أما(a=o & b=o& E=O)

أو (a=1&b=1&E=9)، بواسطة[5]

R=e(modulo 2)، بواسطة[2]

E=D(modulo 2)، بواسطة[3]

ويقوم برنامج «أليس» باختيار تجريبي وهو E=O (متضمنا أن قيمة كل من، b, a صفر)، حيث يغير تلك القيود الأصلية إلى أشكال أقوى:

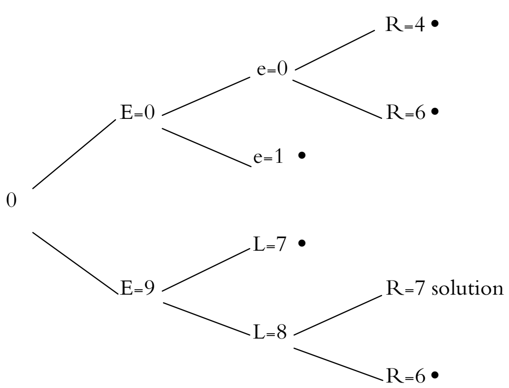
d + 2A = 10c (3')

C+R+N=B (4')

G+D= R (6')

وينتج عن (ص3) أن d لابد أن تكون زوجية نظرا لأنها رقم مرحل فإن d = صفر. وتستمر العملية بهذه الطريقة، ويوجد الحل باستحداث شجرة ذات ست عقد فقط، كما هو موضح في شكل 14-6. ويؤدي فرعا الشجرة R=4 وR=6 إلى وضع مستحيل عندما يستبدلا في المعادلات الأخرى ولهذا لا تقبل إلا R=7 ويصبح حل المسألة كالتالي:

G	E	R	A	L	D	O	N	B	T
1	9	7	4	8	5	2	6	3	0



شكل 14 - 6 شجرة بحث Gerald + Donald = Robert

ويمكن الرجوع إلى البرنامج الكامل في كتاب لورييير[12]

خاتمة:

لقد أثرت دراسة حل المسائل بوجه عام تأثير هاما على تطور آلات الاستنتاج inference engines والمستخدمة في الأنظمة الخبيرة، وهو موضوع القسم الرابع من هذا الكتاب. ومن المحتمل أن يحقق إدخال الاستراتيجيات العليا، مثل فكرة الخطة في برامج الشطرنج، فوائد في المستقبل.

المراجع والحواشي

(1) Shannon, C. F. (1950), Programming a computer to play chess, Scientific American, February 1950.

(2) Greenblatt, R. D. et al. (1967), The Greenblatt chess program. Proc. AFIPS Fall Joint Computer Conference, 1967, 31, pp. 801- 8 10.

(3) Even the possibility (of creating a good chess-playing program) was questioned by Dreyfus in his book What computers cant do: A critique of Artificial Reason. New York, Harper & Row, 1972. The challenge now is to produce a program that will play at Grandmaster level, or even world champion.

(4) Von Neuman, J., Morgenstern, 0. (1944), Theory of games and ec onomic behavior, Princeton N.J., Princeton University Press.

(5) Fray, P. W. (ed.) (1977), Chess skill in man and machine, New York, Springer-Verlag.

(6) There are in fact tree-pruning methods that do not require all the nodes to be evaluated. The reader interested in these optimization pro cedures should consult, for example, Barr, A. & Feigenbaum E. (eds.) (1981), The Handbook of Artificial Intelligence, Vol. 1, 46- 108, Los Altos, California, Kaufman.

(7) Pitrat, J. (1977), A chess combination program which uses plans, Journal of Artificial Intelligence, Vol. 8, No. 3, June 1977.

(8) Wilkins, D. (1979) Using plans in chess, IJCAI-79 pp. 960- 967, Tokyo, August 1979.

(9) Berliner H. (1980), Computer Backgammon, Scientific Amer. ican, pp. 54- 69, June 1980.

(10) Evans, 1. G., (1963), A heuristic program to solve geometric analogy problems, in Semantic Information Processing, M. Minsky (ed.), Cambridge, Mass., MIT Press.

(11) Bundy, A., Burstall, R. M., Weir, S., Young, R. M., (1980), Ar tificial Intelligence: Introductory course, Edinburgh, Edinburgh Uni versity Press.

(12) Lauriere, J. L. (1978), A language and a program for stating and solving combinatorial problems, Artificial intelligence, 10, 1, pp. 29- 127.

(13) Ernst, G. Newell, A. (1969), GPS: A case study in generality and problem solving, New York, Academic Press.

(14) Moses, J. (1967), Symbolic integration, Technical report MAC TR-47 MIT.

(15) Slagle J. R. (1963), A heuristic program that solves symbolic in tegration problems in freshman calculus, Feigenbaum and Feldman (eds.), New York, McGraw-Hill.

(16) Kaysar, D. (1984), Personal letter.

القسم الرابع
الأنظمة الخبيرة

15 خصائص الأنظمة الخبيرة

مقدمة

توافق ازدياد اهتمام علماء الذكاء الاصطناعي بالأنظمة الخبيرة مع تدني حماسهم للمناهج العامة لتمثيل العمليات الاستدلالية. فقد ثبت في الواقع عدم فعالية المناهج والطرق، التي كان يقصد بها أن تكون عامة وكلية، عند تطبيقها في مجالات محددة[1]، مما يوضح العلاقة التبادلية المألوفة بين الفعالية والعمومية. ففي أوائل الستينات بدأ إدوارد فيجينباوم Edward Feigenbaum في الاهتمام بطرق الاستدلال الاستقرائية والتجريبية. والتي كانت عادة ما تستخدم في المسائل التي تتطلب وضع افتراضات تفسر تفسيرا جيدا مجموعة من الظواهر التي تم رصدها. وقد أدت الرغبة في احتذاء هذا النوع من السلوك العلمي إلى إرساء دعائم مشروع مشترك[2] بين علماء المعلوماتية من ناحية، وخبراء من مجالات معينة كان من بينهم جوشوا ليديربرج Joshua Lederberg الكيميائي وعالم الوراثة. وقد اختير تفسير بيانات أجهزة مطياف الكتلة ليكون مجال التجربة، في مطياف الكتلة تقذف عينة صغيرة من المادة المطلوب معرفة تركيبها الكيميائي بواسطة إلكترونات ذات طاقة عالية، مما

ينتج عنه تكسر جزيئاتها إلى أجزاء عديدة، وتنتقل الذرات بين هذه الأجزاء، ويمكن التوصل إلى بنية الجزيئات الأصلية من فحص هذه الأجزاء. ونعرض في الفصل السابع عشر برنامج ديندرال DENDRAL[3] الذي كتب لمعالجة هذه المسألة.

ولسنوات عديدة نظر علماء الذكاء الاصطناعي بقدر كبير من التحفظ إلى هذا العمل الذي يسير في اتجاه مضاد لمبادئ المناهج العامة السائدة في ذلك الوقت والمفضلة لدى علماء الرياضيات. ولكن سرعان ما ساعد هذا العمل على إثارة المشكلة الرئيسة من جديد، وهي مشكلة تمثيل وهيكلة المعرفة، وذلك لأن المشاكل المطروقة على بساط البحث لم تعد مشاكل «دمية» يمكن حلها باستخدام عدد ضئيل من المعاملات، ولكنها أصبحت مشاكل الحياة «الحقيقية».

ويمثل بروز وسقوط النظريات العلمية في مجالات البحث العلمي المختلفة خير مثال على التعاقب الذي وصفه توماس كون thomas Kuhn في كتابه «بنية الثورات العلمية» the stmcture of Scientific Revolution[4]. فهو يصف تطور العلوم باعتباره عملية دورية تتعاقب فيها «اعتيادية» مع «فترات ثورية». ففي المراحل الاعتيادية يكون فيها شبه إجماع بين علماء المجال حول المسائل المهمة التي يجب دراستها، وأنواع الحلول والتفسيرات المراد التوصل إليها. ولا يكون هناك تساؤلات أو شكوك حول أسس النظرية أو النموذج. ومع مرور الوقت، تظهر بعض المشاكل-من خلال هذه النظرية أو النموذج-التي تتطلب حلا سريعا. ويتم تجاهلها في بادئ الأمر، ولكن تأتي لحظة حرجة يتزايد بعدها عدد الباحثين غير الراضين عن النظرية السائدة أو النموذج الحالي، ويبدءون في وضع الأسس لنظرية جديدة. ويوفر النموذج الجديد فهما أفضل للأسئلة غير المجابة في ظل النظرية السابقة، وقد يصبح تفسير بعض الظواهر أقل عن ذي قبل. وليست النظرية الجديدة مجرد امتداد لسابقتها، ولكنها تكون الأساس لمرحلة اعتيادية جديدة في البحث العلمي، وتكون بالطبع مصدر نزاع بين أنصار النظرية القديمة ومؤيدي النظرية الجديدة.

وعندما أدرك العلماء أن البحث في آليات عمليات الاستدلال في مجالات معينة قد أدى إلى تقدم عظيم، سارعوا بحماس إلى العمل لبناء أدوات

عامة general tools لتمثيل المعرفة في مجالات مختلفة، ولذلك يمكن اعتبار البحث في الأنظمة الخبيرة جزءا مهما من «الذكاء الاصطناعي».

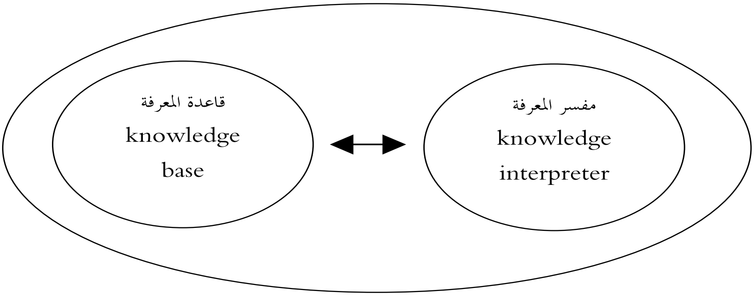
وكان أول درس تعلمه الباحثون من بناء برنامج مثل ,DENDRAL الذي اشتمل على قدر هائل من المعلومات الكيميائية المتخصصة، هو أن تكلفة أقل تعديل فيه كانت باهظة جدا. ويرجع ذلك إلى تداخل المعلومات المتخصصة في الآلية التي تستخدمها وتفسرها، ومن هنا انبثق المبدأ الأساسي-بالتدريج-القائل بوجوب فصل قاعدة المعرفة عن الآلية التي تفسرها.

مبادئ بناء الأنظمة الخبيرة

ا- تحديد الميدان

تتطلب عملية بناء الأنظمة الخبيرة، التي هي بطبيعتها عملية متزايدة- ,in cremental عقد عدة جلسات مع أحد خبراء المجال المحدد. ويقوم الخبير البشري بشرح معرفته في هذا الميدان، والطرق التي يتبعها في حل المسائل. وقد يقدم شرحه هذا بطريقة غير منظمة، لأنها ربما المرة الأولى التي يطلب منه القيام بذلك. ويجب السماح للخبير بإجراء مراجعات عديدة لما يريد أن يضمنه في البرنامج، بما في ذلك العودة إلى ما سبق ذكره، وإعطاء تفسيرات مطولة لنقاط معينة، وإضافة معلومات جديدة. ويوضح ذلك الحاجة إلى فصل تمثيل المعرفة عن البرنامج الذي يقوم بتطبيقها. وقد يتم الاستعانة بخبراء آخرين في مرحلة تالية، للتعليق على المعلومات التي أعطيت بواسطة الخبير الأول. ولهذا يجب أن توضع هذه المعلومات في شكل بسيط، ليسهل قراءتها ودراستها. وتساعد أشكال التمثيل التي وصفناها في الفصول 9- 13 فهم هذه الأغراض، ومن الضروري أن تتخذ شكل المعرفة المعلنة، وألا تتبع الأسلوب التقليدي للغات البرمجة. وإذا نظرنا إلى المستقبل البعيد، يمكننا أن نتوقع أن يقوم الخبراء البشريون أنفسهم ببناء هذه البرامج دون مساعدة علماء المعلومات.

ويمثل الرسم الموضح في شكل 15-أ البنية الهيكلية المقترحة للأنظمة الخبيرة، وهي تمكن المستخدم من إجراء حوار مع النظام الخبير. وليس ضروريا أن نستخدم هذا الشكل الموضح، ولكنه في الواقع الشكل الأكثر



شكل 15 - 1 المكونات الأساسية للأنظمة الخبيرة

شيوعا في الاستخدام. إن الضرورة الحقيقية تكمن في التعاون مع خبير في المجال. وعلى أي حال، قد أصبح مثل هذا الهيكل ضروريا، لأن المعلومات المعطاة عبارة عن مواد للمعرفة مجمعة تجميعا عشوائيا، مما يجعل طرق البرمجة التقليدية غير ملائمة. إذا أمكن وضع مواد المعرفة هذه بصورة منظمة، تكون في هذه الحالة طرق أخرى كلاسيكية مناسبة أكثر من طرق الأنظمة الخبيرة. وحالما يطور أو يصل البرنامج إلى مرحلة يعتبر فيها أداؤه في مجاله الخاص مرضيا، يمكن عندئذ-إذا اقتضت الضرورة-إدماج قاعدة المعرفة في البرنامج المفسر لإعطائه فعالية أكثر، ولتقليل الذاكرة المستخدمة خاصة غد تشغيل البرنامج على أجهزة أصغر من تلك التي طور عليها.

2- تفسير عملية الاستدلال

من السمات الهامة للأنظمة الخبيرة قدرتها على إعطاء المستخدم تفسيرا لخطة «تفكير» البرنامج. ويتم ذلك بإدماج بعض الإجراءات داخل البرنامج، حيث تقوم هذه الإجراءات بعرض مواد المعرفة التي استخدمها النظام الخبير في التوصل لأحكامه. ويحتوي البرنامج على المعرفة أو المعلومات في صورة لا تختلف كثيرا عن صورة المعرفة كما يدركها الخبير البشري، فقد يحتوي البرنامج على مادة المعرفة التالية:

«إذا كانت درجة حرارة المريض عالية، وأرجله ضعيفة، فقد يكون مصابا بالأنفلونزا». ويمكن للبرنامج بسهولة عرض الاستنتاجات المتعاقبة التي قام بها للوصول إلى النتيجة. وهذه السمة بالغة الأهمية، حتى إذا. لم يكن

الإيضاح الذي يقدمه البرنامج على درجة كبيرة سن العمق، لأنه يساعد المستخدم على تقويم ثقته-أو عدم ثقته-في البرنامج. ولم يعد البرنامج صندوقا أسود سحريا، كما تبدو أغلب البرامج العادية.

3- المستخدم:

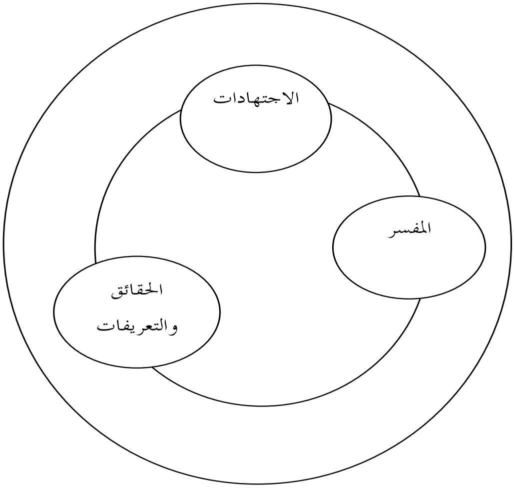
لابد من مراعاة عدة اعتبارات عملية عند بناء الأنظمة الخبيرة. فهي أولا يجب أن تصمم لمساعدة غير الخبير الذي يطلب نصيحة أو مشورة في إحدى المجالات التخصصية. والمثال الشائع لذلك حاليا هو الطبيب الممارس العام الذي يحتاج لنصيحة خبير في أمراض الكلى أو ضغط الدم المرتفع، قبل تحويل مريضه إلى أخصائي. ولمثل هذا البرنامج أهمية خاصة لطبيب الريف الذي قد يكون على بعد أميال من أقرب أخصائي. ولهذا يجب أن يكون مستوى أداء البرنامج الخبير مقاربا لأداء الخبير البشري في المجال ذاته، ويمكن أن يستفيد البرنامج الخبير من النقد البناء لمجموعات مختلفة من الأخصائيين. ويمكن للبرنامج الخبير-بل يجب-أن يتضمن خبرات وتجارب عدد من الخبراء، وهذه المعلومات نادرا ما تكون مسجلة بالكتب والدوريات العلمية في هذا المجال.

وهناك نوع ثان من مستخدمي الأنظمة الخبيرة يسعون لاكتساب معرفة مهنية في موضوع تخصصي، ويمكن الحصول عليها من أحد الأنظمة الخبيرة التي لها بعض القدرات التعليمية-نعرض لهذا الجانب في الفصل الثامن عشر عن التعليم بواسطة الحاسب-، وأخيرا يمكن للأنظمة الخبيرة أن تحفظ الخبرات الفريدة للخبراء والمختصين العظام، والتي نفقدها عادة عندما يتقاعد هؤلاء دون نقل خبراتهم النادرة إلى خلفائهم.

4- الأنواع المختلفة للمعرفة:

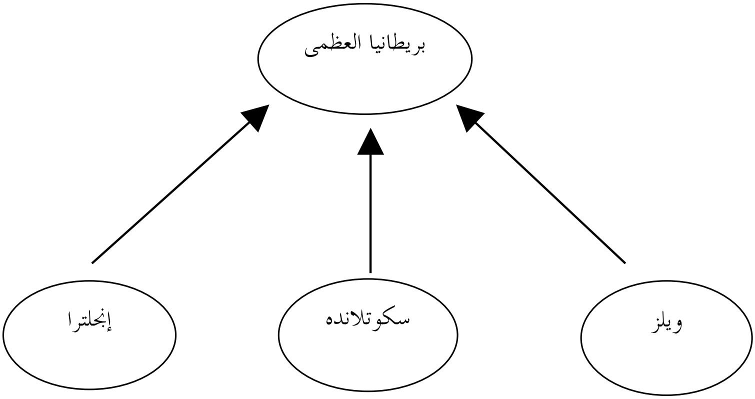
إن مشكلة تمثيل المعرفة في الأنظمة الخبيرة هي مشكلة أساسية، فنادرا ما يمكن وضع المعرفة المتعلقة بمجال معين في صياغة واحدة، فهناك مواد المعرفة البديهية والتجريبية مثل «إذا لوحظ وقوع أ و ب إذن من المحتمل وقوع ج ولكن بالتأكيد لا يمكن توقع د»، وهناك أيضا مواد المعرفة الإجرائية مثل «إذا كانت أ معلومة، إذن يكون التسلسل ب ثم ج، أما إذ أكانت أ غير معلومة فيكون التسلسل ج ثم ب هكذا». ويسمى هذا النوع الثاني «ما وراء المعرفة Khowledge meta والنوحم الثالث من مواد المعرفة هو

المعرفة الحقائقية factual Khowl edge مثل «تحتوي ا على ب و ج و د». وعادة ما يكون التعبير عن النوعين الأولين من مواد المعرفة بواسطة القواعد الإنتاجية، بينما يعبر عن النوع الثالث بواسطة بنية الشجرة. ويوضح شكل 15-2 هذا التمايز. ويختلف الخبراء كثيرا فيما بينهم بشأن تمثيل مواد معرفة النوعين الأولين بينما يرجح اتفاقهم بشأن تمثيل معرفة النوع الثالث. فيتفق مثلا جميع الجغرافيين على تمثيل المعرفة بالجملة «تشمل بريطانيا العظمى كل من إنجلترا، وسكوتلانده وويلز» في شكل 15-3.



شكل 15 – 2 التمييز بين مكونات قواعد المعرفة

ويكمن الفرق الأساسي بين قواعد المعرفة howledge base وقواعد البيان data base في أن قاعدة المعرفة تتضمن مواد المعرفة البديهية والحدسية والتجريبية بينما تخلو أو تكاد تخلو منها قواعد البيانات. وتسمى الحقائق والتعريفات المتضمنة في قواعد المعرفة «بيانات» في قواعد البيانات. بينما تعني «البيانات» في النظم الخبيرة تلك البنود التي ترتبط بوجه خاص بالمشكلة التي يعالجها البرنامج في وقت ما، وتعتبر خارج برنامج المعالجة نفسه.



شكل 15-3 شجرة تنظيمية لمجموعة حقائق (ج = جزء من).

دليل مختصر لبناء الأنظمة الخبيرة

إن بناء الأنظمة الخبيرة هو فن أكثر منه علم دقيق. وقد علمتنا التجارب من وقت لآخر عددا من المبادئ التي تبدو بسيطة، بل واضحة وضوح الشمس في بعض الأحيان. ونوجه الإرشادات التالية، بوجه خاص إلى علماء المعلومات الذين يعملون في تطوير النظم الخبيرة بالتعاون مع خبير بشري في المجال.

أ- تتناسب بعض-وليس كل-المسائل مع الأنظمة الخبيرة، وقد قام بوكانان ودودا[6] Buchanan and Duda بتصنيف هذه المسائل التي يمكن أن توصف بعدة طرق:

1- تفسير أو فهم كمية معقدة وضخمة من المعلومات.

2- التصنيف.

3- تقويم المواقف.

4- التشخيص مثل التشخيص الطبي أو تشخيص خلل الأجهزة والمعدات.

5- اكتشاف القصور في بعض النظم مثل الدوائر (الكهربائية أو الإلكترونية مثلا).

6- معالجة الأزمات.

والصفة المشتركة في هذه المسائل أنها تتضمن عددا كبيرا من المعاملات غير المتجانسة والمتداخلة، والتي تفتقد قيمها إلى تفسيرات مقننة، وعادة ما تكون عرضة للخطأ.

ب- من المهم وجود «الخبير الحقيقي» طوال فترة المشروع، مع إمكانية الاستعانة بخبراء آخرين لنقد وتحسين النموذج الأصلي للمشروع. ولا تكمن قوة الخبير البشري-في مجال الطب مثلا-في معرفته الموسوعية للأمراض (والتي يمكن الحصول عليها من الكتب) بل من قدرته على تطوير الاستراتيجيات ومعرفة «حيل الصنعة» التي يستخدمها للتوصل بسرعة وبثقة إلى التشخيص الصحيح. و«هذه الحيل» هي ثمار خبرة طويلة نادرا ما توجد في الكتب. ومن الأهمية القصوى الإلمام بكل الحالات غير العادية- والتي غالبا ما تكون خطرة-التي تقابل الخبير. ويشق الخبير الأخصائي طريقة إلى لب المشكلة مباشر لأنه على علم بنوعية الأسئلة التي يجب أن تطرح، ولا تكون هذه الأسئلة بالضرورة مقننة أو قياسية، وإنما توحي بها الأعراض التي يستطيع هو ملاحظتها.

جـ- ونطرح هنا قضية مستوى المعرفة المستخدمة في الأنظمة الخبيرة. فمن المهم في الحالة الراهنة لعلم الذكاء الاصطناعي ألا يتضمن البرنامج سوى المعلومات التي تستند على أسس علمية سليمة، وألا يتضمن كثيرا من المعلومات البديهية أو حقائق الحياة اليومية. فيستطيع مثلا برنامج للتشخيص الطبي أن يأخذ في الاعتبار مؤشرات مثل حالة المريض العصبية، أو ميله للمشروبات الكحولية. ولكن ليس من الضروري أن يشتمل البرنامج على عبارات مثل «القهوة ضارة للأعصاب»، أو «يحتوي نوع من القهوة على كافيين أكثر من نوع آخر». فالجيل الحالي من البرامج لا يمكنه استخدام هذا النوع من المعلومات، ونأمل أن تستطيع الأجيال القادمة من البرامج استيعاب مثل هذه المعلومات في فاعلة المعرفة بأنظفها الخبيرة.

د- بناء النسخة الأولى. يجب أن يكون عالم المعلومات-منذ البداية-على دراية بالمفردات والمصطلحات المستخدمة في مجال الخبرة، وذلك حتى يتمكن من تسجيل الطرق التي يضعها خبير المجال لحل الحالات النمطية. ويعطي هذا عالم المعلومات فكرة عن المؤشرات الأساسية للمجال، وخطوات التفكير والمنطقة، والاستراتيجيات الأولية المستخدمة في المجال لتناول

المسائل، كما يوضح لعالم المعلومات كيف تتم الاستشارة عادة، والترتيب الذي يتم به جمع البيانات، فيمكن مثلا أن تتم الاستشارة الطبية على النحو التالي:

- بيانات أساسية عن المريض.
- ما هي شكوى المريض؟
- ما هي الملاحظات الأولية للطبيب عن المريض؟
- التاريخ المرضي للمريض.
- نتائج أي فحوصات سابقة.
- التشخيص المبدئي.
- التوصية بإجراء فحوصات أو اختبارات أخرى.
- العلاج المقترح.

هـ- تطوير النسخة الأولى. سرعان ما تحقق النسخة الأولى أداء جيدا في الحالات النمطية التي تأسس عليها بناؤها، لكن يظهر أيضا قصور في قدرات البرنامج لحل المسائل عندما يواجه مشاكل الحياة الحقيقية التي عادة ما تختلف كثيرا عن الحالات النمطية، وهنا يصبح من الضروري إجراء تغييرات هامة في البرنامج للانتقال من النسخة الأولى إلى نسخة ثانية تكون أقرب إلى سلوك الخبير.

ويمكن اعتبار النسخة الأولى كمجرد دراسة جدوى تهدف إلى توضيح إمكانية كتابة برنامج يستخدم قدرا كبيرا من المعرفة التخصصية في مجال محدد لتحقيق هدف ما. وبعد إعداد النموذج prototype للعمل، يمكن إثبات نجاحه بتجربته على عدد من المسائل، ويكون المتطلب الثاني-بعد نجاح التجربة-جعل استخدامه «طبيعيا» و«وديا». وجعل البرنامج «طبيعيا» يعني جعل الحوار بين المستخدم والبرنامج مماثلا للحوار الإنساني المعتاد، مثل أن يوجه البرنامج أسئلته بطريقة متسقة ومرتبة، وأن يكون لأسئلته علاقة بالموضوع. ومن المفيد هنا أن نذكر أن كثيرا ما يوجه الخبير البشري أسئلة لا علاقة مباشر لها بالمسألة قيد البحث، ولكن تشكل مثل هذه الأسئلة جزءا من الحوار والاتصال لتبادل المعلومات، ويمكن للبرنامج أن يتصرف بالمثل. وجعل البرنامج «وديا» يعني أن الأسئلة التي توضع «من أي جانب» يجب أن تكون واضحة وبلغة مفهومة، وأقرب ما تكون إلى اللغة الطبيعية،

مع إمكانية إضافة شرح أو أسئلة إضافية لجعل المعنى أكثر وضوحا. كما يجب أن تكون إجابة البرنامج واضحة وألا تكون مختصرة جدا أو بشفرة، وألا يتطلب البرنامج من المستخدم مراعاة التفاصيل التقنية الدقيقة المتعلقة باستخدام الجهاز، كأن يضطره مثلا إلى إنهاء كل سطر بالضغط على مفتاح معين بلوحة المفاتيح، وألا يتطلب البرنامج أن يكون المستخدم خبيرا في الحاسب الآلي. فمثل هذه المسائل يمكن أن تعالج بالوحدات البينية interface modules.

ويجب أن يكون البرنامج قادرا على إعطاء تفسيرات لسلوكه على مستويين اثنين، فأولا يجب أن يكون قادرا على توضيح «دوافعه» لتوجيه السؤال وبهذا يبين للمستخدم ما يحاول أن يفعله، وثانيا يجب أن يكون قادرا على توضيح خط تفكيره المنطقي. ولهاتين القدرتين أهمية خاصة في كسب البرنامج لثقة المستخدم في أنه يعمل بطريقة صحيحة، وإعطاء الفرصة للمستخدم لنقده إذا دعت الحاجة لذلك. وتوفر بعض البرامج المتقدمة الفرصة للمستخدم لتسجيل انتقاداته للبرنامج حتى يمكن لمصممي البرنامج دراستها بتأن في وقت لاحق. وتتراوح هذه الانتقادات بين اقتراحات لتحسين طرق استخدام البرنامج أو نقد لبعض القواعد المستخدمة مدعوما بأمثلة مضادة. وأخيرا يجب أن يحتفظ كل نظام خبير بتسجيل لكل المسائل التي دخلت إليه، مما يفيد في إحصاء عمله ودراسة طرق تحسين أدائه. ثم إنه عند إضافة قوانين جديدة إلى البرنامج يجب القيام باختبار المسائل القديمة آلتي عالجها اله ناهج في السابق بنجاح للتأكد من أنها لا تزال تحل بنجاح.

و- الاحتفاظ باهتمام الخبير. لقد عانى الذكاء الاصطناعي لفترة طويلة من تنبؤات الباحثين المتفائلين الذين بالغوا في ادعاء اتهم عما يمكن للحاسب أن يقوم به في الأمد القصير... ويجب التغلب على الشك السائد الذي نجم عن ذلك بتطوير سريع لنموذج prototye برامج تبين أنه يعمل فعلا، حتى إذا كانت إنجازاته لا تطابق تماما أهدافه الأصلية. وسيتحمس الخبير المشترك في البرنامج عندما يرى بعض طرق تفكيره الخاصة تمثل في الحال في الآلة. وفي نفس الوقت، من المهم إبعاد المسائل التقنية البحتة المتعلقة بنظم التشغيل ولغات البرمجة.. . الخ عن الخبير، فليس مطلوبا

منه أن يصبح ضليعا في الحاسب الآلي، كما لا يوجد ما يحتم أن يكون عالم الحاسب الآلي خبيرا في مجال الخبرة. وفي جميع الأحوال، يجب عدم انتقاد الخبير بسبب قصور منطقي في طريقة تفكيره، فعادة ما يرجع هذا القصور إلى طبيعة المجال نفسه، بل وغالبا ما يكون ظاهريا فقط، لأنه يمكن أن يخفي عدة خطوات في عمليات التفكير لم يستطع الخبير الإنساني اكتشافها أو توضيحها.

ل- تقويم البرامج. يمكن أن يتم ذلك من عدة وجوه مختلفة.. . فقد تتناقض وجهة نظر عالم المعلومات، الذي يهدف أن يبين أن سرعة برنامجه تبلغ ضعف سرعة البرامج الأخرى، مع مستخدمي البرنامج في المستقبل من عدة جوانب، لأن لديهم معايير مختلفة تماما. وحتى إذا ثبتت جودة البرنامج بمقارنته بالبرامج الأخرى، يظل دائما احتمال مقارنة أدائه بأداء الخبير البشري. ومن ناحية أخرى، يمكن لمستخدمي البرنامج الذين ليسوا خبراء معلومات أن ينتقدوا البرنامج لصعوبة استخدامه أو لأنه ليس سهلا على الفهم. وفي حالة برنامج MYCIN لتشخيص أمراض الدم، لم يؤكد الخبراء سوى75٪ فقط من نتائجه الأولى، وقد كان هذا مخيبا للآمال. إلا أن المقارنات التالية التي قام بهاء V.L. Yu[7] لتشخيص مرض التهاب السحايا أظهرت أنه لم يكن هناك اتفاق أكبر من ذلك عندما روجع التشخيص الذي قامت به مجموعة من الخبراء بواسطة مجموعة أخرى. ولذلك كان الأداء الضعيف ظاهريا للبرنامج هو نتيجة لعدم توفر الاتفاق بين الخبراء وليس لقصور أو فشل في البرنامج ذاته.

إن مقارنة البرنامج بالخبير البشري أكثر تعقيدا من مجرد حصر الحالات واستخراج نسبة النجاح المئوية لكل منهما وذلك لعدة أسباب: أولا يجب يكون للحالات موضع المقارنة تشخيص صحيح ومتفق عليه، أي أن يكون هناك إجماع من قبل خبراء المجال حول تشخيص كل منها، فمثلا في حالة الحوادث المحتملة الوقوع في محطات القوى النووية، يكون كل ما يمكن عمله هو محاكاة الحوادث التي وقعت فعلا، والتي لها سجلات محفوظة. وهنا قد يكون للبرنامج ميزة يتمتع بها وهي كونه محصورا في نطاق مجال عدد، بينما يكون للخبير البشري خلفية واسعة قد تقوده في التشخيص إلى افتراضات خارج نطاق المجال، وبالتالي قد يتبع مسارا خاطئا قبل أن

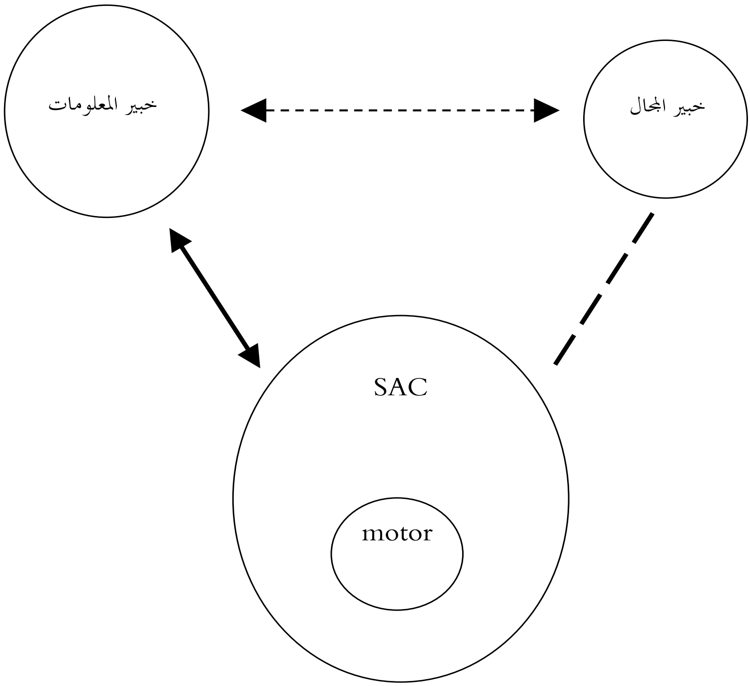
يتمكن من رؤية المسار الصحيح. وهكذا يكون الخبير البشري في وضع غير موات.

وأخيرا، فمن أسباب صعوبة المقارنة الموضوعية بين كفاءة النظام الخبير والخبير البشري أن البرامج المتوافرة اليوم ينقصها وسائل الإبصار والإدراك المتاحة للخبير البشري، وهي تحصل على المعلومات من خلال وسيط بشري قد لا يعطيها وصفا موضوعيا للمشكلة، بل قد تتلون المعلومات التي يعطيها بتفسيراته ورؤياه الخاصة. ولو وضع الخبير البشري موضع البرنامج لحاد عن الطريق بسبب الظروف غير المألوفة التي سيعمل فيها.

الأنظمة الخبيرة ونقل الخبرة

إن المجالات التي تكون فيها الأنظمة الخبيرة ذات قيمة كبرى هي تلك التي تتسع فيها مساحة الحل لدرجة تحتم طلب مساعدة خبير بشري ليجعل معرفته وخبرته متاحة لعالم المعلومات في عدد من الجلسات المشتركة. وفي بعض حالات بسيطة وقليلة وجد أنه من الممكن بناء برامج أنظمة خبيرة من أمثلة وحالات لها حلول معروفة (انظر الفصل التاسع عشر). ويكون من الضروري-في معظم الأحيان-سؤال الخبير البشري عن طريقته في العمل، والاستراتيجية التي يستخدمها، و«حيل الصنعة»، التي اكتسبها تدريجيا من خلال الخبرة. والتي لا يكون في معظم الأحيان مدركا لها. وعادة ما يتم ذلك على مرحلتين: فيتم أولا نقل المعرفة من خبير المجال إلى عالم المعلومات، ثم من عالم المعلومات إلى البرنامج المراد استحداثه (انظر شكل 15-4).

وعادة ما يخشى خبير المجال بعض مواد المعرفة، أو يحذف بعض الخطوات التي يتبعها في عملية التفكير في حل المسائل، ويكتشفها تدريجيا عالم المعلومات. كما قد يعطي خبير المجال بعض القواعد الخاطئة، والتي يجب أن تصحح فيما بعد. وهنا، تكون الفائدة العظمى لبرامج التدقيق-وتسمى عادة برامج اكتساب البيانات-data acquisition programs-لأنها تساعد على كشف الأخطاء في قاعدة المعرفة في الحال، حتى قبل البدء في اختبار البرنامج، وهناك عدة برامج أدواتي استحدثت لهذه الغاية واستعملت في بعض الأنظمة الخبيرة.



شكل 15 – 4 رسم كلاسيكي لنقل الخبرة

ويمكن تبسيط مراجعة قواعد المعرفة باستخدام صياغة واضحة تغني عن الحاجة للتمكن من لغة برمجة معينة. ففي برنامج ROSIE[8] على سبيل المثال، يمكن التعبير عن القوانين بصيغة تشبه اللغة الطبيعية، كما هو موضح بالمثال التالي حيث نضع خطا تحت الكلمات المفتاحية:

إذا	كان هناك	نظام تشغيل	
	الذي يعمل	على جهاز	معروف
	وله	رسالة حث PROMH	معروفة
	ومن نوع		غير معروف
إذن	نستنتج	نوع نظام التشغيل	
	أرسل	(«هذا هو نظام» نوع-النظام)	
	إلى	المستخدم	

ويمكن استخدام التمثيل الداخلي للقوانين نفسها لتوليد جمل باللغة الطبيعية، ويجعلها ذلك واضحة ومفهومة، خاصة بالنسبة لخبير المجال الذي نادرا ما يكون من علماء المعلومات:

لذلك فإن القاعدة في نظام EMYCIN تأخذ الشكل التالي بلغة «ليسب»[9]:

PREMISE: (SAND (SAME CNTXT AGE ADULT)

(SAME CNTXT LEAVES-YELLOWING)

(SAME CNTXT STEM-COLOR-ABNORMAL)

ACTION: (CONLUDE CNTXT DIAGNOSTIC TALLY ((FU SAR IOSE 400

(VERTICILLIOSE 400))))

ومن هذه القاعدة يمكن توليد الجمل التالية للتعبير عن معناها: إذا كان «عمر» النبات ناضجا وهناك اصفرار في الأوراق، وإذا كان لون الساق غير طبيعي. إذن فالتشخيص المحتمل هو

FUSAROISE (0.4) VERTICILLIOSE (0.4)

ومن الصفات الهامة الأخرى في برامج اكتساب البيانات-DATA ACQUISI TION PROGRAMS هي قدرتها على اكتشاف التفاعلات والتناقضات في القوانين والقواعد، فليس من المستبعد على الخبير أن يريد إضافة قاعدة جديدة إلى البرنامج ونسى أن في البرنامج قاعدة مشابهة منذ فترة طويلة، وعند اكتشاف ذلك يجب اتخاذ قرار سريع إما بحذف واحدة منهما، أو استبدالهما بقاعدة جديدة. ويستطيع برنامج EMYCIN مثلا اكتشاف القواعد المتشابكة مثل:

قاعدة-ا إذ أكانت أ و ب إذن س.

قاعدة-2 إذ أكانت أ و ب و ج إذن ص.

فكلما نشطت قاعدة-2 تنشط قاعدة-أ أيضا، وهذه رسالة موجهة من البرنامج إلى المستخدم تدعوه للتفكير في هذه المشكلة لفض هذا التشابك.

ما وراء المعرفة Metaknowledge

نقصد بما وراء المعرفة «المعرفة حول المعرفة»، وهي مستوى ثان للمعرفة

مبني على المستوى الأول. والفرق بين المستويين ليس دائما واضحا جدا. وقد أدت صعوبة تمثيل ما وراء المعرفة إلى استخدام كثير من العاملين في المجال نفس طرق التمثيل المستخدمة في أنواع المعرفة الأخرى. وقد تكون ما وراء معرفة شخص ما هي نفسها معرفة شخص آخر. وهكذا يتضح أن مفهوم ما وراء المعرفة هو مفهوم نسبي، وأن عدد المستويات اختياري. وتكون أعلى مستويات ما وراء المعرفة في برنامج ما بمثابة «إداكه» للمعرفة الممثلة داخله.

فلننظر إلى القواعد التالية:

م-١عندما يمكن استخلاص عدة استنتاجات، خذ أولا أحدث هذه الاستنتاجات.

م-2 لا يعرف البرنامج شيئا عن علم النبات.

م-3 إذا كان الفصل شتاء، حاول أولا قواعد تشخيص الأنفلونزا.

تحتوي برامج قليلة على معرفة من نوع م-١، لأنه نادر ما يحتفظ البرنامج بتاريخ القاعدة أو الاستنتاج. أما المعرفة من نوع م-2 فلا تستخدم في البرامج، لأن مصممي البرامج يفضلون عادة استخدام المعرفة الإيجابية لا السلبية، كما أن قائمة الأشياء التي يجهلها أي برنامج قائمة طويلة بل لا منتهية. وأخيرا يمكن أن يتضمن برنامجا للتشخيص الطبي قاعدة مثل م-3 على نفس مستوى قاعدة «إذا كان المريض يرتعش، فهناك احتمال إصابته بالأنفلونزا»، ولكنه مع ذلك تختلف في أنها لا تعطي النتيجة، كما تفعل القواعد التشخيصية، ولكنها تقترح ببساطة ترتيبا يتم به تطبيق القواعد. ولهذا تكون على مستوى أكثر عمومية من القواعد التشخيصية نفسها.

ومن المعتاد اليوم، وضع المعرفة التي يعطيها خبير المجال في ثلاثة مستويات. معرفة الحقائق Factual knowledge, ومعرفة تجريبية heuristic Knowledge, وما وراء المعرفة metaknowledge. ويوضح المثال التالي-من جيولوجيا البترول-. مستويات المعرفة المختلفة.

معرفة الحقائق: Caboniferous precedes pemian.

المعرفة التجريبية. إذا وجدت منطقة تحتوي على graptooliths، فمن المحتمل أن تكون Silurian أو Ordovician.

الأولى-أعلاه-هي حقيقة يقبلها جميع الجيولوجيين. والثانية هي قاعدة للتفكير يقرها المختصون أيضا، ولكنها رغم ذلك استقرائية بطبيعتها، فهي يمكن أن تعدل إذا وجد الجيولوجيgraptolithis في منطقة تعود لعصر مختلف. أما الثالثة، فهي قاعدة سلوكية تتمثل في نصيحة تتعلق بترتيب استخدام مواد المعرفة. ويمكن أن تختلف من جيولوجي لآخر، وفقا للتوافر النسبي لمصادر المعلومات المختلفة.

ومن الضروري تمثيل المعرفة على مستويات مختلفة عديدة، خاصة عند بناء البرامج الكبيرة جدا التي قد تحتوي على آلاف القواعد.

أدوات وصياغة الأنظمة الخبيرة

Tools and formalism for expert systems.

هناك عدة لغات برمجة يمكن استخدامها لصياغة قواعد المعرفة بالأنظمة الخبيرة، وفيما يلي جدول يقسم هذه اللغات إلي ثلاثة أقسام، وفقا للقواعد المنطقية المستخدمة:

جدول 15- 1 لغات البرمجة المستخدمة بالأنظمة الخبيرة مصنفة طبقا للقواعد المنطقية:

1- منطق المستوى الأول

Language	Author(s)	Place
PLANNER	Hewitt (11)	MIT
PROLOG	Rousse (12)	Marseille
	Colmerauer (13)	Marseille
	Warren (14)	Edinburgh
SNARK	Lauriere(15)	ParisVI
FOL	Weyhrauch(16)	Stanford
TANGO	Cordier (13)	Orsay

2- القواعد الإنتاجية Production Rules

EMYCIN	Van Melle(9)	Stanford
OPS	Forgy (17)	Carnegie-Mellon
EXPERT	Weiss(18)	Rutgers

KAS	Reboh(19)	SRI-Int.
RAINBOW	Hollander(20)	IBM Palo Alto
ARGOS-II	Farreny(21)	Toulouse

3- الشبكات الدلالية، الكيانات:

Language	Author(s)	Place
KRL	Bobrow, Winograd(22)	Xerox PARC
OWL	Szolovits(23)	MIT
UNITS	Stefik(24)	Stanford
FRL	Roberts(25)	MIT
AIMDS	Sridharan(26)	Rutgers
KLONE	Brachman(27)	BRN
ORBIT	Steels(28)	Schlumberger
HPRL	Rosenburg(29)	Hewlett-Packard
LOOPS	Bobrow, Stefik(32) Xerox	PARC
KEE	Kehler(33)	IntelliCorp

أوجه قصور الأنظمة الخبيرة الحالية

البرامج الحالية سطحية جدا. إن القصور الرئيسي في برامج الأنظمة الخبيرة الموجودة اليوم يتمثل في انعدام تمثيل البنية العميقة للعلاقات التي توجدها بين الظواهر المختلفة. فبرنامج مثل MYCIN يكون فعالا جدا عندما يتعلق السؤال بارتباط أعراض ما بتشخيص معين، أو بتفسير معلومات عن مزرعة بكتريا.. الخ ولكنه لا يحتوي على نموذج لتركيب الدم، أو عملية التجلط، أو أي معرفة على الإطلاق بدور القلب في الدورة الدموية. ولا يمنع هذا النقص البرنامج من التوصل إلى التشخيص الصحيح في الأحوال العادية حيث يسير كل شيء بشكل مرضي، ولكنه يظهر قصورا شديدا إذا ظهر تناقض بين الفروض المختلفة للتشخيص، وهنا يظهر بوضوح تفوق

الخبير البشري على البرنامج. ولا يمكن حل التناقض بين الفروض المختلفة بتقويم بسيط لدرجات استحسان كل فرض، بل يتطلب الأمر دراسة أعمق لأسباب الظاهرة الملحوظة.

التدهور السريع في الأداء.. يتدهور البرنامج في الأداء عندما يواجه مشكلة خارج مجال إدراكه، الذي عادة ما يكون محدودا، كما يتدهور الأداء لعدم قدرة البرنامج على استخدام «الحس السليم common sense» لاستنتاج البيانات الناقصة. بينما يملك البشر قدرة تفكير عامة أكبر وفهم أعمق للمسائل. ويمكنهم ذلك من التعامل مع تلك المواقف مع أن أداءهم يتدهور، ولكن ببدء أكثر، في تلك الحالتين.

الوصلات البينية لا تزال غير متطورة. لا تزال مشكلة فهم اللغة الطبيعية عسيرة على الحاسب، مما يشكل مصدر صعوبة للمستخدم. إلا أن من المحتمل تحسن هذا الوضع في المستقبل القريب نتيجة للتقدم في تطوير البرامج البينية باللغة الطبيعية لقواعد البيانات.

صعوبة تعديل الاستراتيجية. لقد قيل من قبل أن الاستراتيجيات المستخدمة في تفسير قاعدة المعرفة هي دائما مبرمجة، وعلى هذا فهي ذات طبيعية إجرائية، ولكن يكمن في هذه الاستراتيجيات جزء من الخبرة التي يفضل أن تمثل بواسطة القواعد الإنتاجية حتى يكون تعديلها وتطويرها أكثر سهولة. وقد كان استخدام ما وراء القواعد mata-rules في برنامج TIRESIAS(30) خطوة-يجب أن تتبعها خطوات-في هذا الاتجاه.

الاستدلال ليس من نوع واحد. إن للإنسان مقدرة غير عادية على التوافق مع الموقف السائد، واستخدام استراتيجيات مختلفة وفقا لهذا الموقف. بينما لا تستطيع الأنظمة الخبيرة المعتمدة على القواعد الإنتاجية أن تختصر إجراءاتها المعتادة في الحالات الخاصة التي تستدعي ذلك. ويمكن لبعض الخبراء البشريين اتخاذ قرارات فورية لمجرد تعرفهم على شيء في الموقف الذي يواجههم يذكرهم بموقف سابق، ولا يحتاجون في هذه الحالة إلى اللجوء لعملية وضع الافتراضات واختبارها كما يفعلون في الأحوال المعتادة.

ونعطي في الفصلين التاليين أمثلة عديدة لأنظمة خبيرة في التطبيقات الطبية والصناعية.

المراجع والحواشي

(١) تعتمد المناهج العامة للاستدلال بشكل أساسي على عملية التصور على مستوى أعلى من مستوى المشكلة المطروحة للحل.

(2) McCorduck, P.(1979), Machines who think, freeman, San Francisco

(3) Feigenbaum E. A., Buchanan B.G., Lederberg J.(1971), on gen)-erality and problem solving: a case study using the DENDRAL pro gram. Machine lntelligence, Vol. 6, Meltzer & Michie(eds.)New. 190-165. York, Elsevier, New York pp

(4) Kuhn T. The Structure of Scientific revolution, 2nd edition, Chicago, University of Chicago.

(5) Barstow D., Buchanan B.G.,(1981), Maxims for knowledge engineering, Stanford University Memo, HPP-81-4.

Duda R.(1982) Principles of rule-based expert، .

(6) Buchanan B.G. 14- 82- systems, Stanford University memo, HPP

(7)Yu V.L., Fagan L.M. et al.(1979), Antimicrobial selection by a computer: a blinded evaluation by infectious disease experts, J. Amer Med. Assoc. 24 1- 12, pp. 1279- 1282,

(8) Fain J., Hayes-Roth F., Sowizral H., Waterman D. (1981), Pro gramming Examples in ROSIE, Rand Corporation, Technical Report. N-1 646- ARPA.

(9) Van Melle W. (1980), A domain-independent system that aids in constructing knowledge-based consultation programs, Ph.D. dis sertation, Stanford University, Computer Science Department, STAN CS-XI)-X2()

(10) Hayes-Roth F., Waterman D.A., Lenat D.B. (eds.) (1983), Build-ing expert systems, Reading, Mass., Addison-Wesley.

(11) Hewitt C. (1972), Description and theoretical analysis (using schemata) of PLANNER: a language for proving theorems and ma nipulating models in a robot, Ph.D. Thesis, Department of Mathemat ics MIT.

(12) Roussel P. (1975), PROLOG, Manuel de reference et dutilsation. Marseille, Groupe dIntelligence Artificielle, U.E.R. de Luminy, Uni versite dAix-Marseille.

(13) Colmerauer A., Kaoui H. (1983), Prolog, bases theonque et de velopment actuels, RAIRO/TSI, Vol. 2, No. 4, pp. 271- 311.

(14) Warren D., et al. (1977), PROLOG: The language and its imple mentation compared with LISP, Proc. SIGART/SIPLAN symposium on programming languages, Rochester, N.Y.

(15) Lauriere J.L., Introduction a Lintelligence artificielle (in prepara tion).

(16) Weyhrauch R. W. (1980), Prolegomena to a theory of mech anized formal reasoning, Artificial Intelligence, 13, 1- 2, April 1980.

(17) Forgy C., McDermott J. (1977), OPS, a domain-independeni production system language, Proc. IJCAI-77, pp. 953- 939.

(18) Weiss S., Kulikowski C. (1979), EXPERT: A system for de veloping consultation models, Proc. IJCAI-79, pp. 942- 947.

(19) Reboh R. (1981), Knowledge engineering techniques and tools in the prospector environment Tech. Note 243, artificial intelligence Center, SRI International, Menlo Park, CAl, June 1981.

(20) Hollander CR., Reinstein H.C. (1979), A knowledge-based ap plication definition system, Proc. IJCAI-79, pp. 397- 399.

(21) Farreny H. (1981), Un systeme de Maintenance automatique dinterrelations dans un systeme de production, Congres de re connaissance des formes et intelligence artificelle, Nancy, pp. 751- 761.

(22) Bobrow D. Winograd T. (1977), An overview of KRL, a knowl. edge representation language, Cognitive Science 1, 1, pp. 3- 46.

(23) Szolovits P., Pauker S.G. (1978), Categorical and probabilistic reasoning in medical diagnosis, Artificial Intelligence 11, pp. 115- 144.

(24) Stefik M. (1979), An examination of a frame-structured repre sentation system, Proc. IJCAI-79, pp. 845- 852.

(25) Roberts R.B. Goldstein I.P. (1977), The FRL primer, MIT A] Lab Memo 408.

(26) Sridharan N.S. (1980), Representational facilities of AIMDS: a sampling, Tech. Report No. CBM-TM-86, Dept. of Computer Sci ence, Rutgers University.

(27) Brachman R.J. (1977), Whats in a concept: structural founda tions for semantic networks, Int. Jnl Man-Machine Studies 9, pp. 127- 152.

(28) Steels L. (1982), An applicative view of object oriented pro gramming, European Conference on integrated interactive computing systems, stresa, Italy. (29) Rosenberg S. (1983), HPRL: a language for building expert sys tems, IJCAI-83, Karlsruhe, August 1983, pp. 215- 217.

(30) Davis R. (1977), Knowledge acquisition in rule-based systems Knowledge about representation or a basis for system construction and maintenance, in pattern-directed inference systems, Waterman Hayes-Roth (eds.).

(31) Cordier M.O., Rousset M.C. (1984), TANGO: moteur dinferences pour un systeme expert avec variables, Quatrieme Con gres de Reconnaissance des frames et intelligence artificielle, Paris.

(32) Bobrow D.G., Stefik M. (1983), The LOOPS manual, Xerox PARC, Palo Alto.

(33) Kehler T.P., Clemenson C.D. (1984), An application system for expert systems, systems and Software, pp. 2 12- 224.

١٦ الأنظمة الخبيرة في الطب وعلم الأحياء

مقدمة

يعتبر الطب مجالا مفضلا لبناء الأنظمة الخبيرة، ولهذا السبب قد خصصنا فصلا خاصا له. وقد كانت التطبيقات الأولى للحساب الآلي في الطب تختص بعمل سجلات المرضى، بهدف تحسين الإدارة وجمع معلومات أكثر عن الأمراض[1]. وغالبا ما يعطي تاريخ الحالات المرضية مادة لقواعد البيانات يمكن استخراج نتائج إحصائية طبية منها، مثل احتمال شفاء المرضى دون الأربعين من سرطان المعدة خلال ض سنوات.

وقد عولجت مؤخرا مشكلة المساعدة في التشخيص الطبي بأحد طريقين، إما باستخدام قواعد البيانات المتوفرة من قبل لاستقراء علاقات هامة ودالة بين الأمراض والتشخيصات بتطبيق طرق خوارزمية ورياضية، أو كما حدث مؤخرا باستخدام تقنية الذكاء الاصطناعي كالأنظمة الخبيرة، ونعطي في هذا الفصل وصفا موجزا للنوعين الأولين من الطرق المتبعة، كما نبين أوجه قصورها مما يوضح أهمية المنهجية الحديثة

المعتمدة على الأنظمة الخبيرة.

هناك أسباب عديدة للتعاون الذي نشأ بين الأطباء وعلماء المعلومات في السنوات الأخيرة، من بينها أن كثيرا من التقارير قد أظهرت شيوع الأخطاء في التشخيص ووصف المضادات الحيوية، مع ما ينتج عن ذلك من تكاليف باهظة للمجتمع سواء من الناحية الصحية أو الاقتصادية، وسريعا ما نشأت فكرة أن الحاسب لا يعاني من الضعف الإنساني كالنسيان بسبب الإرهاق، أو الفشل لعدم تدبر تشخيص معين، ولذلك قد يكون أداء الحاسب أفضل في تفسير البيانات الطبية عندما يكون لاهتمام الطبيب الشخصي دور أقل. وقد استخدمت في المحاولات الأولى في هذا الاتجاه طر ق إحصائية وخوارزمية، ربما لأنها كانت الطرق الوحيدة المتاحة في الستينات، ولكن سرعان ما أصبح قصورها واضحا كالشمس.

الطرق الرياضية Mathematical methods

لقد استخدمت طرق التصنيف لتحديد التشخيص الطبي الأكثر احتمالا بناء على مجموعة من الملاحظات[4]، ولهذا استحدث برنامج يصنف الكيانات بحسب وجود أو غياب علامات أو أعراض معينة، وتعتمد هذه الطريقة على انتقاء مجموعة من الكيانات (وفي حالتنا هذه تكون مجموعة من المرضى) يكون توزيع كل منها بين الفئات معروفا ومحددا، ويمكن وصف الفئة كمتجه X = (x1, ...xn) vector حيث IX هي المعايير الميزة ويكون لوظيفة التمييز الشكل التالي:

$$P(D/x) = \sum_{j=1}^{n} a_j x_j$$

(ترمز P هنا للمريض، D للتشخيص و x للأعراض المميزة-المترجم)

حيث تستمد aj من دراسة مجموعة كبيرة من المرضى. وتحسب الوظيفة لكل مريض جديد لتحديد ما إذا كان ينتمي لفئة معروفة من قبل-أو بمعنى آخر ما إذا كان التشخيص يطابق حالة المريض بدرجة كافية أم لا. وتتمثل صعوبة هذه الطريقة في أيجاد عينة كافية من المرضى لاستخراج قيمةaj منها، والتي هي الأساس لتحديد المرض الذي يعاني منه المريض.

وهناك طريقة خوارزمية أخرى بسيطة تعتمد على استخدام شجرات

القرار decision trees, حيث تمثل كل عقدة سؤلا، تؤدي الإجابة عليه إلى عقدة أخرى، وهكذا حتى نصل إلى أوراق الشجرة الطرفية التي تعطى التشخيص، وتتميز هذه الطريقة-من وجهة نطر علماء المعلومات-ببساطة التشغيل، ولكنها تعانى من اثنين من المساوئ الخطيرة، احتمال عدم قدرة المريض على الإجابة عن سؤال معين يتطلب إجابة مريحة (قد يعرقل عدم توافره البرنامج)، وصعوبة تعديل الشجرة عند اكتشاف أخطاء في المعرفة أو عندما تتوافر معلومات إكلينيكية أفضل. وتسمح الطريقة البيئية Bayesim[6,5] بحساب احتمال إصابة المريض بمرض معين، من خلال مقارنة الأعراض التي تلاحظ على المريض بالتكرار النسبي للأعراض المختلفة في كل حالة إصابة نمطية لهذا المرض، فإذا كانت P (s/mi) تمثل احتمال ملاحظة أعراض S في مريض يعاني من مرض Mi، و P (Mi) يمثل الاحتمال الأقوى للإصابة بمرض ألألأ في الأشخاص المعنيين، إذن إذا لوحظت أعراض S في مريض ما، فإن احتمال إصابته بمرض Mi يكون كالتالي:

$$P(mi/s) = \frac{P(mi)\, p(s/mi)}{\sum_{i=1}^{n} P(mi)\, p(s/mi)}$$

وللطريقة البيسية قصور في مجال الطب للأسباب التالية:



شكل ١٦-١ تشخيص طبي بالطريقة البيسية

1- عدد عناصر الاحتمالات المشروطة التي تكون في الناحية اليمنى من القواعد كبير جدا ونادرا ما تعرف بدقة، كما أن الحاجة لاستخدام البدائل الافتراضية للبيانات الناقصة يقلل من دقة النتائج.

2- تفترض القواعد أن الأمراض ينفي بعضها بعضا mutually exclusive وأن جميع الاحتمالات أخذت في الاعتبار، وهذه افتراضات نادرا ما تتواجد في الواقع.

3- من الصعب تبرير القرار إذا ورد ما ينقضه، بخلاف عرض مصفوفة الارتباط بين الأعراض والتشخيص، وينطبق هذا النقد على كل المناهج المعتمدة على الطرق الإحصائية.

ويوضح شكل 16-1 التشخيص الطبي البيسي في العمل، ولكن يمكننا أن نؤكد أنه لا يمثل الطريقة التي يعمل بها الأطباء في الواقع.

الطرق الوسيطة بين الرياضيات والذكاء الاصطناعي

يمكن تحليل قواعد البيانات-بالإضافة إلى الطرق المعتمدة على الأنظمة الخبيرة-للتنبؤ بتطور المرض والتوصية بالعلاج. ويستخدم هذا المنهج تسجيلا لتطور الحالات المرضية على مدى فترة من الزمن ولعدد من المرضى لقيم المعاملات الإكلينيكية الدالة، عوضا عن الاستنتاج والاستقراء اللذين يستخدمهما الأطباء. ومثال ذلك مشروع ARAMIS[7] لجون فريز بجامعة ستانفورد، فكلما فحص الطبيب مريضا، ينتقي عددا من المؤشرات ليدخل بها إلى قاعدة البيانات ليستفسر عن حالة مماثلة لمريض أو مجموعة مرضى سبق تشخيصهم وسجل لهم العلاج وتقدم المرض، مما يوحي للطبيب بالعلاج المقترح لمريضه.

ويوفر لنا هذا المنهج استدلالا شبه إلى باستخدام التماثل في قواعد البيانات، ويعتمد نجاح هذا المنهج على الاختيار الصحيح للمؤشرات التي تبحث في قواعد البيانات، وقد جرت عدة محاولات، مثل محاولة روبرت بلوم Robert Blum[8]، لوضع قواعد لترشيد هذا الاختيار معتمدا على تحليل إحصائي لقواعد البيانات، مع ما في ذلك من مخاطرة فقدان الثقة نتيجة لبيانات ناقصة أو خاطئة. أما في الأنظمة الخبيرة، فلا تسمح بمثل هذه الأخطاء لأن الطبيب ذا الخبرة سيبعد أي تناقضات يجدها مستخدما قوة

تفكيره الخاص للوصول إلى القواعد العامة، ومع ذلك، فقد يعطي التحليل الإحصائي مؤشرات قيمة للترابطات.

الأنظمة الخبيرة

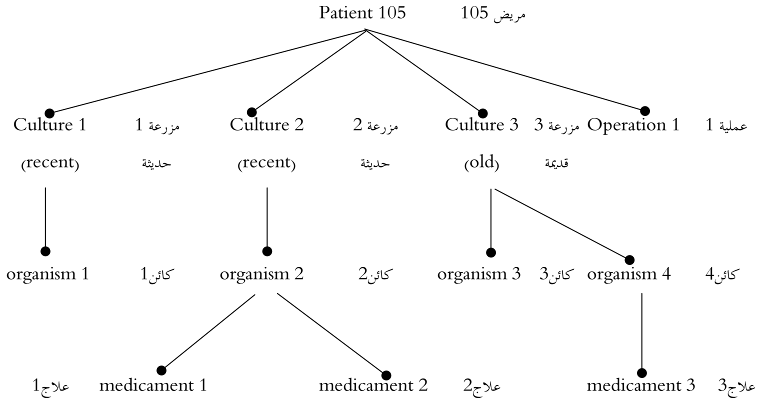
إن ما يميز الأنظمة الخبيرة عن كل ما سبقها من برامج أنها لا تتطلب أن نقرر سلفا الكيفية التي يستخدم بها البرنامج المعرفة الموجودة به، ويشكل هذا تناقضا تاما لطرق البرمجة التقليدية.

وأكثر الأنظمة المعروفة، هي. مايسين MYCIN[9]، وبيب PIP[10] و--IN-TERNIST/CADUCEUS[11]، VM[12], CAsnet/Expert[13، 14]، وكذلك PuFF[15] و IRIS[16] وجميعها كتبت بعد عام 1973. وتختلف هذه الأنظمة في استخدامها للصياغة الصورية لتمثيل المعرفة المتضمنة، فيستخدم بعضهم القواعد الإنتاجية، والبعض الشبكات الدلالية والآخر «الإطارات» frames ص ص كما يختلفون أيضا في تحديداتهم لمدى الارتباط بين العلامات والأعراض من جهة والتشخيص من جهة أخرى، وهناك أيضا اختلافات في الاستراتيجيات المستخدمة، فبعضها يسعى للتوصل إلى تشخيص يتعدى احتمال صحته نسبة معينة محددة مسبقا، بينما يزيد الآخرون الفروق بين التشخيصات المحتملة مستخدمين استراتيجيات خاصة لهذا الغرض، وأخيرا تختلف الأنظمة الخبيرة في قدرتها على شرح وتبرير عملها، وهي صفة ضرورية لكسب ثقة الأطباء وأولئك الذين سيستخدمونه.

ويصف الجزء التالي الأنظمة الخبيرة الأساسية في المجال الطبي:

ماسين MYCIN

إن الهدف من هذا النظام الخبير هو تشخيص الأمراض المعدية خاصة عدوى الدم والسائل السحائي، ويحاول التعرف على البكتريا المسؤولة عن المرض واقتراح العلاج والجرعة المناسبة، والموقف المعتاد هو أنه عندما تظهر علامات على مريض، نأخذ منه عينة من الدم أو البول ونجري لها مزرعة، ثم نعبر عن المعلومات المستقاة في شكل قواعد إنتاجية (انظر الفصل الثاني عشر) والمرتبطة بعدد من المواقف المرتبة هرميا في شكل شجرة تركيبية، انظر المثال في شكل 16-2. ويتعلق هذا المثال بمريض أخذ



شكل 16 - 2 شجرة السياق MYCIN

له ثلاث مزارع (واحدة قديمة واثنتان حديثتان)، وأجريت له عملية واحدة وعزل كائن عضوي في كل من المزرعتين الحديثتين ولكن المريض مازال تحت العلاج لواحدة منها، وعزل كائنين عضويين في المزرعة القديمة وأعطى دواء واحدا لذلك، وتتعدى أهمية هذه الشجرة مجرد التعبير لمشكلة التشخيص إلى العمل كمتغير (بالمعني الرياضي) حيث تساعدنا في الرجوع إلى التكرارات المختلفة لنفس المفهوم.

وتظهر القواعد المستخدمة في البرنامج بسهولة في صورة تشبه اللغة الطبيعية، فإذا أدخلنا إلى البرنامج طق 37 بمعنى نريد طباعة قاعدة رقم 37، يستجيب مايسين لهذا الأمر بطباعة الآتي:

قاعد ة 37:

إذا ١- نوع الميكروب غير معروف و.

2- الميكروب سالب Gram-negative و

3- الكائن على شكل «قضيب» و

4- الميكروب حيهوائى (لا يعيش إلا بوجود الأكسجين)

إذن: هناك احتمال قوي (8 و0) أن الميكروب من نوع «enterobacteriacae».

ويبين هذا المثال أن مايسين يحسب المعاملات coefficients ليبين درجة احتمال النتائج، وتترابط هذه النتائج بالطريقة التي أوضحناها في الفصل

الثاني عشر عند مناقشة الاستدلال غير المؤكد fuzzy reasoning وقد كان مايسين برنامجا رائدا بين الأنظمة الخبيرة المساعدة للتشخيص الطبي، ورغم عدم استعماله في المستشفيات كان له تأثير قوى في البحث عن طرق تمثيل طرق الاستدلال التي يستخدمها الخبراء في الفروع المختلفة، حتى خارج مجال الطب أيضا، وقد كان لمايسين الفضل في تقبل العلماء فكرة فصل قاعدة المعرفة عن المفسر، كما استخدم مايسين أيضا في تدبير طلبة الطب ليبين لهم طرق الاستدلال التي يتبعها في التوصل للتشخيص.

برنامج المرض الحالي Present Illness Program (PIP)

طور هذا البرنامج في MIT لتشخيص أمراض الكلى. وتمثل المعرفة فيه على شكل كيانات هرمية (انظر الفصل الثالث عشر)، ونعطي مثالا لها في شكل 16- 3. ويمكن للكيان أن يكون له عدة أنواع من الملامح، يؤدي بعضها إلى جعل الكيان موضع نظر(يصبح نشطا)، والبعض يومي بجعله نشطا(يصبح شبه نشط)، وهناك ملامح أخرى تجعله مستبعدا (أي غير نشط)، وعند معالجة الكيانات، يتركز اهتمام البرنامج على الكيان النشط ويختبره، ويتحول الاهتمام إلى الكيان الشبه نشط عندما يتوقف الكيان الأول عن كونه نشطا. ويمكن أن تتغير حالة الكيان أثناء اختبار كيان آخر، إما بسبب أن وجود أحدهما يلغي وجود الآخر، أو لأنهما متممان لبعضهما.

المسبب: استسقاء = وجهي أو مداري

غير مؤلم

متماثل

غير روماتيزمي

يؤكد ب: ضعف واختناق

تسبب ب: تلوث Streptococal حديث

أسباب: استبقاء الصوديوم، ضغط الدم المرتفع، تضخم الكلى glomerulitis.

أسباب المضاعفات: فشل كلوي حاد

المضاعفات: التهاب النسيج الكلوي callulitis

التشخيص المميز: ضغط دم مرتفع ومزمن يدل على glomerulitis ورم

متكرر يدل على استسقاء

ألم بالبطن يدل على Henoch-Schonlein Purpura

شكل 16- 3 جزء من الكيان Acute,glomerulonephritis في PIP

برنامج INTERNIST/CADUCEUS

طور هذا البرنامج في جامعة بيتسبرج، ويتضمن معلومات عن ما يقرب من 355 تشخيص في الأمراض الباطنية، ويؤخذ في الاعتبار ما يقرب من 5500 من الأعراض والعلامات.

وتمثل قاعدة المعرفة بهذا البرنامج في صورة تصنيف بنيوي للأمراض. وهناك روابط في اتجاهين بين الأمراض والملاحظات، وتشمل الملاحظات الأعراض المرضية والعلامات والبيانات الإكلينيكية، ويحدد درجة قوة لكل رابطة، ويعبر عن الاتجاه بالطريقة التالية «الملاحظة توحي بالتشخيص» بدرجة قوة تتراوح من صفر إلى خمسة، أو «التشخيص يفترض الملاحظة» ولها درجة قوة من 1 إلى خمسة، وتمثل درجة القوة هذه مدى اطراد الارتباط بين الملاحظة والمرض.

إن طريقة التحكم في INTERNIST/CADUCEUS غير معتادة، من حيث اعتمادها على التشخيص المميز بالدرجة الأولى، فهو ينظر إلى فرضيتين على أنهما متنافستان إذا كان كلاهما (باعتبارهما فرضية واحدة) لا يفسران مجتمعين ملاحظات أكثر مما تفسره كل منهما منفردة، وهناك ثلاثة مبادئ استراتيجية كما يلي.

1- الاستبعاد: إذا كان التنافس بين أكثر من أربع فرضيات، ابحث عن الملاحظات السلبية التي تمكن من تخفيض عدد الفرضيات المتنافسة.

2- التمييز: إذا تراوح عدد الفرضيات المتنافسة بين 2 و 4، ركز على الفرضيتين الأعلى وابحث عن معلومات يمكن أن تعطيهما درجات مختلفة.

3- المتابعة: إذا بقي تشخيصان اثنان بعد استبعاد الباقي، ابحث عن معلومات لتصل بالفرق بين درجاتهما إلى حد معين.

برنامج Ventilator Manager (VM)

استحدث هذا البرنامج لاري فاجان Larry Fagan[12] كجزء من مشروع

مشترك بين جامعة ستانفورد ومستشفى سان فرانسيسكو، ويهدف البرنامج إلى عمل ملاحظات كمية للمرضى في وحدة العناية المركزة، ويقوم بالمهام التالية:

أ- اكتشاف الأخطاء المحتمل وجودها في القياسات المختلفة

ب- التعرف على أي خلل بأجهزة مساندة الحياة system life support واقترح الإجراء المناسب

جـ- تلخيص الحالة الفسيولوجية للمريض

د- اقتراح تغييرات في المعالجة، مع أخذ التغيرات في حالة المريض في الاعتبار والأهداف الطويلة الأمد للعلاج، مثل أن يكون قادرا على التنفس بشكل طبيعي

هـ- التنبؤ بالاستجابة المعتادة للعلاج للتأكد من أنه يسير بطريقة مرضية.

شبكة الترابطات السببية

Casnet-expel (Causal Association Network)

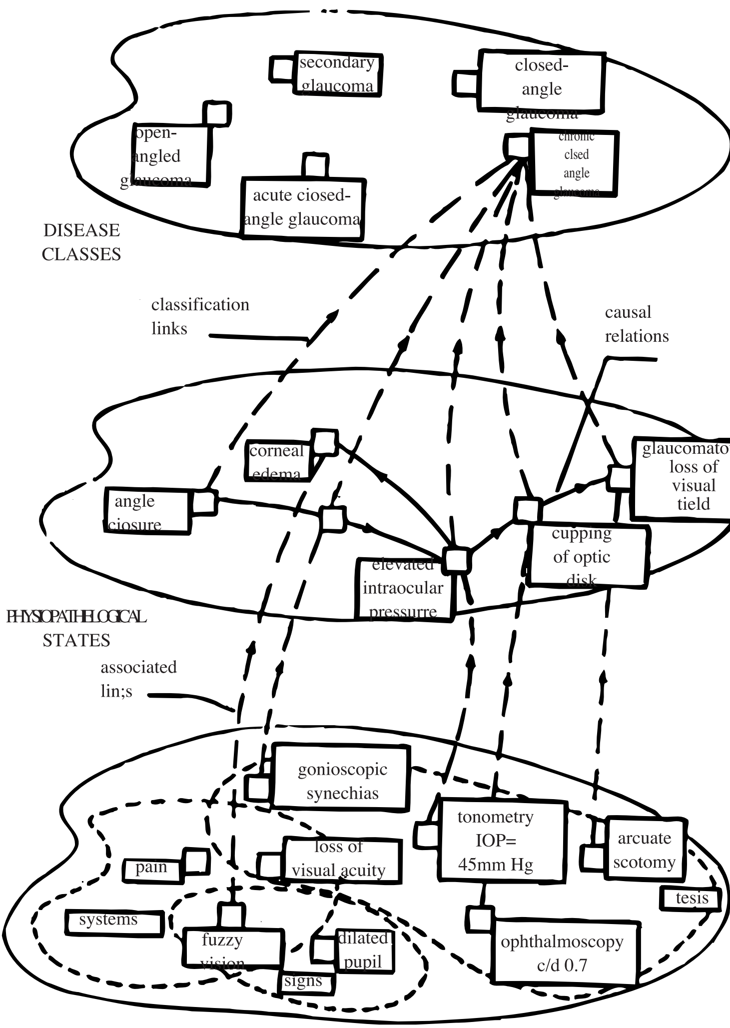
يختص هذا البرنامج بتشخيص حالات الجلوكوما، وينفرد بتمثيله للمعرفة على عدة مستويات (انظر شكل 16- 4) ملاحظات-حالات باثولوجية وتشخيصها، وقد أمكن هذا الفصل لأن الظواهر الفسيولوجية للمرض أصبحت واضحة ومعروفة.

برنامج EXPERT هو تعميم لبرنامج CASNET والعلاقة بينهما تشبه العلاقة بين مايسين وايمايسين، فلم يعد هناك تمثيل ظاهر للحالات الفيسيولوجية والباثولوجية، وقد استخدم هذا في بناء برامج أخرى، كما هو موضح في شكل 16- 5.

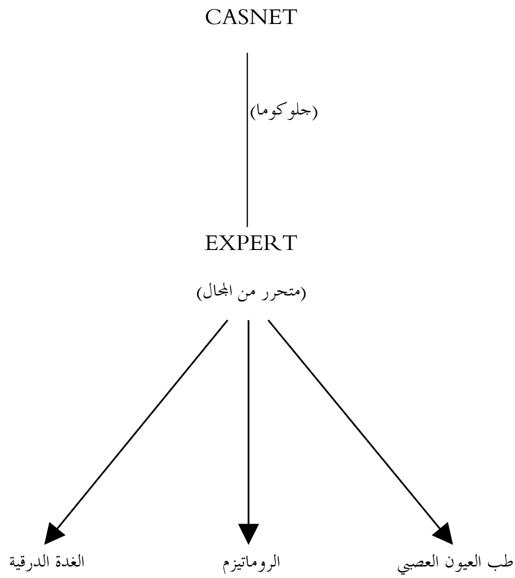
إن قواعد EXPERT من ثلاثة أنواع:

- ترابطات بين الملاحظات
- ترابطات بين الملاحظات والافتراضات
- ترابطات بين الافتراضات

ويتم تطبيق القواعد دائما بهذا الترتيب، ويكون الربط دائما في اتجاه الأمام (للقارئ أن يقارن هذا بعمل آلة الاستنتاج للقواعد الإنتاجية في الفصل الثاني عشر).



جدول16-1 لأنظمة الخبيرة في الطب



شكل 16 - 5 تطور CASNET و EXPERT

وبخلاف مايسين لا تزداد قوة العلاقة عندما تؤدي عدة قواعد إلى نفس النتيجة، بل يؤخذ معامل القيمة الأكبر، فإذا كانت درجة احتمال فرضية ما تعادل 0,06 ثم تكتسب دعما يعادل 0,04 تظل درجة الاحتمال 0,06 بينما يختلف الأمر في مايسين، فيؤدي مثل هذا الوضع إلى تغير في درجة احتمال الفرضية لتصل إلى 76. ومع ذلك لا تختلف النتائج كثيرا لأن معاملات الاحتمال لها معان مختلفة في البرنامجين كما أنها تستخدم بطريقة مختلفة في كل برنامج: فبينما يحسب مايسين الزيادة في درجة الاحتمال، يأخذ EXPERT الثقل الأساسي لدرجة الاحتمال دون زيادة ويقوم في النهاية بحساب زيادة للفرضية التي يدعمها العدد الأكبر من القواعد مما يوحي بأنها أكثر الفرضيات اتساقا.

وبرنامج EXPERT يمكن نقله بسهولة لأنه كتب بلغة فورتران، إلا أن العدد الضخم من الاختصارات المستخدمة بجعل من الصعب قراءاته.

ويلخص الجدول التالي الأنظمة الخبيرة الأساسية التي استحدثت للتطبيقات الطبية.

الموضوع	اسم البرنامج	المؤلف
أمراض الدم والسحايا	MYCIN	(9)SHORTLIFFE
الأمراض الباطنية	INTERNIST/CADUCEUS	(11)POPLe
السرطان	ONCOCIN	(18)Shomliffe
الجلوكوما	CASNET	(13)weiss
الاضطرابات الكلوية	PIP	(10)Pauker
متابعة مرضى العناية المركزة	VM	(12)Fagan
الأمراض الصدرية	PUFF	(15) Kunz
آلام معوية	SPHINX	(19)Fieschi
الرمد	Iris	(16)Trgoboff
القلب	DIGITALIS	(20)Gory
PHCOHTROL	ABEL	(21)Patil
تخطيط التجارب البيولوجية	MOLGEN	(22)Martin
تحليل البروتين	CRYSALIS	(23)Engelmore
ضغط الدم الشرياني	SAM	(24)Gascuel

جدول16-1 لأنظمة الخبيرة في الطب

الوضع الراهن

أظهرت هذه الأنظمة الخطيرة قدرة على التشخيص يمكن أن تكون ذات فائدة في المستشفيات وذلك على الرغم من انعدام التعمق في الربط بين الظواهر التي يمكن للنظم الخبيرة أن تقيمها، ورغم أن كثيرا من الأطباء لا يرغبون في استخدام ما يطلقون عليه «تفكير الآلة»، فانه يمكن التغلب على ذلك بإيضاح خط التفكير الذي تتبعه الآلة وشرح الطريقة التي يستخدمها البرنامج في التوصل إلى النتائج.

وما يجب عمله ألان بسرعة هو نقل هذه النظم الخبيرة إلى أجهزة الحاسب الصغيرة، التي يمكن أن يستخدمها الطبيب في عيادته الخاصة، وبذلك لا يحتاج الطبيب إلى خطوط تليفونية لكي يتصل ببرنامج كبير يعمل على جهاز بعيد. كما يجب أيضا أن يكون ممكنا للأطباء أنفسهم أن

يعدلوا البرامج دون أن يضطروا إلى استدعاء عالم الحاسب للمساعدة، وهذا يتضمن تحسن في الاتصال ألبيني بين المستخدم والآلة.

References

(1) Degoulet P., Chantalou J.P., Chatelier G., Goupy S., Zwei genbaum P. (1983), Strucured and standardarized medical records, Van Demmel, Ball and wigertz (eds.) MEDINFO-83, New York, North-Holland, pp. 1164- 1168.

(2) Ledley R., Lusted L. (1959), Reasoning Foundations of medical diagnosis, Science, 130, pp. 9- 21.

(3) Junin C. M., Tupasa 1., Craig W.A. (1973), Use of antibiotics, a brief exposition of the problem and some tentative solutions,Anns.Int. Medicine, 79, pp. 555- 560.

(4) Duda R.O., Hart P. E. (1973), Pattern classification and scene anal ysis, New York, Wiley.

(5) Lusted L.B. (1968), Introduction to medical decision making, Springfield, Ill., Charles C. Thomas.

(6) De Dombal FT., Gremy F. (eds.) (1976), Decision making and medical care: can information science help?, New York, North-Holland.

(7) Fries J.F. (1972), Time-oriented patient records and a computer da tabank, J. Amer, Med. Assoc., 222, pp. 1536- 1542.

(8) Blum R. (1982), Discovery and representation of causal re lationships from a large time-oriented clinical database: the RX pro ject,Department of Computer Science report, STAN-CS-82900, Stan ford University.

(9) Shortliffe E.H. (1976). Comøuter-based medical consultation: MYCIN, New York, Elsevier.

(10) Pauker S., Gorry A., Kassirer J., Schwartz W. (1976), Towards the simulation of clinical cognition Taking a present illness by corn puter,American Journal of Medicine, June 1976, 60, pp. 98 1- 996.

(11) Pople H. (1982), Heuristic methods for imposing structure on ill-structured problems; the structuring of medical diagnosis,in Artificial Intelligence in medicine, P. Szolovits (ed.), Boulder, Colorado, West-view Press.

(12) Fagan L.M. (1980), VM Representing time-dependent relationsin a clinical setting Ph.D. dissertation, Heuristic Programming project, Stanford University. (13) Weiss S., Kulikowski C., Safir A. (1978), A model-based method for computer-aided medical decision making, Journal of Artificial In telligence, 11, pp. 145- 172.

(14) Kulikowski C., Weiss 5. (1982), Representation of expert know! edge for consultation: the CASNET and EXPERT projects,in artificial Intelligence in medicine, P. Szolovits (ed.), Boulder, Colorado, West-view Press.

(15) Kunz et al (1978), A physiological rule-based system for inter preting pulmonary function test results,Heuristic programming project report, HPP-78- 19, Stanford University.

(16) Trigoboff M., Kulikowski C. (1977), IRIS, A system for the propagation of inferences in a semantic net, IJCAI-77, pp.274- 280.

(17) De Dombal F.T., Leaper D.J., Staniland JR. (19720), Computer aided diagnosis of acute abdominal pain,British Medical Journal, pp9- 13

(18) Shortliffe E.H., Scott C.A., Bishoff M.B., Van Melle W., Jacobs C.D. (1981), ONCOCIN: an expert system for oncology protocol management,IJCAI-81, pp. 876- 881.

(19) Fiesch M. (1981), Aide a Ia decision en medicine: le systeme SPHINX. Application au diagnistic dune douleur epigastrique.These de Doctorat en Medecine, marseille.

(20) Gorry G.A., Silverman H. Pauker S.G. (1978), Capturing clinical expertise: a computer program that considers clinical responses to dig italis, American Journal of Medicine, pp. 452.460.

(21) Patil R., Szolovits P. Schwartz W.B. (1982), Modelling knowl edge of the patient in acid-base and electrolyte disorders,in Artificial Intelligence in medicine, Szolovits (ed.), Boulder, Colorado, Westview Press.

(22) Martin N., Friedland P., King J., Stefik M. (1977), Knowledge-based management for experiment planning in moleculer genet ics,IJCAI-77, pp. 882- 887.

(23) Engelmore R., Terry A. (1979), Structure and function of the cry salis system,I JCAI-79, pp. 250-256.

(24) Gascuel 0. (1981), Un systeme expert dans le domaine medical, these de 3e cycle, Universite Paris VI.

(25) Fox J. Rector A. (1982), Expert systems for medical care?Automedica Vol. 4. pp. 123- 130.

17 النظم الخبيرة في العلوم والصناعة

نشير في هذا الفصل إلى النظم الخبيرة الرئيسة التي استحدثت حتى الآن للتطبيق في العلوم والصناعة، كما نصنفها وفقا لمجالاتها التطبيقية، ونعطي وصفا تفصيليا لبعض منها.

ديندرال وميتاديندرال DENDRAL و META-DENDRAL

يهدف ديندرال DENDRAL[1] إلى التعرف على بنية الجزيء العضوي-organic Molecule باستخدام بيانات الكيمياء الطبيعية والطيفية، ويعطي تفسير بنود هذه البيانات تركيبات محتملة لبعض ذرات الجزيء العضوي، كما أن تجميع هذه الأجزاء يمكننا من التوصل إلى التركيب التكويني الكامل للجزيء، وتسير هذه العملية في ثلاث مراحل.

1- التوليد: حصر جميع الإمكانات باستخدام برنامج Congen[2] الذي يعتمد على، ويعتبر تطويرا لخوارزم توفيقي استحدثه ج. ليديربيرج J. Lederberg.

2- التخطيط: تنفيذ بعض القيود التي تحد من

حجم البحث الذي تولده المرحلة الأولى والذي قد يكون كبيرا جدا.

3- الاختبار والتصنيف: بناء وتنفيذ قيود أخرى لتخفيض عدد الاحتمالات التي يتحتم النظر فيها، مع ترتيب هذه الاحتمالات ترتيبا تنازليا طبقا لدرجة المعقولية أو الاستحسان.

ويمكن أن يستخدم ميتا ديندرال كبرنامج تعليمي استقرائي لتطوير وتعميم القواعد التي يستخدمها ديندرال، كما يولد قواعد جديدة، ويبني عمله على معلومات طيفية شاملة، ويتعامل مع الآلة كصندوق مغلق يحاول اكتشاف القواعد التي تحكمه، أي القواعد التي تحكم تجزأ الجزيئات العضوية، وهكذا يمكن لميتا ديندرال أن يستنتج قاعدة من النوع التالي:

قاعدة: N-C-C-C---> N-C*C-C

وتعني هذه القاعدة أنه إذا كان الجزيء يحتوي على ذرة نيتروجين متصلة بسلسلة من ثلاث ذرات من الكربون، فإن الفصل سيكون بين ذرتي الكربون الوسطيين.

ماكسيما MACSYMA[4]

ويهدف هذا البرنامج للمساعدة في حل مسائل التفاضل والتكامل والمعادلات الجبرية وجبر المصفوفات والمتجهات vector and matrix algebra ويمثل هذا البرنامج أحد الجهود الكبرى في تاريخ الذكاء الاصطناعي، ويبلغ الوقت المبذول فيه حوالي خمسين سنة، ويشمل البرنامج.

- قواعد لتبسيط المعادلات الرياضية وتحديد التناظر بينها، وهذه القواعد سهلة الاستخدام كما يمكن للمستخدم أن يضيف إليها إذا أراد. مثال ذلك:

$\text{Sin}(x + 1/2\,\pi) \longrightarrow \cos X$, $\text{Sin}^2 + \cos^2 x \longrightarrow 1$

$\log(ab) \longrightarrow \log a + \log b$

- إجراءات للتعرف على الأشكال الجبرية، ليس فقط على المستوى التركيبي بل أيضا على المستوى الدلالي، فهي يمكن أن تدرك أن -3X2 + 4x 1 يمكن أن تتخذ الشكل التالي $ax^2 + Bx + c$ وكذلك (x-1) (x + 1)

- إجراءات استنتاجيه وتجريبية، فإذا حدد المستخدم، بواسطة الأمر Declare, أن N عدد صحيح يقوم ماكسيما باستنتاج أن $\cos(n + 1/2)\,\pi = O$ ويمكن للخوارزم الذي استحدثه جينيسيرث Genesereth[5] من القيام

باستنتاجات تصنيفية Deductions TKonoric-type وانتقال الخصائص من كيان لآخر، والنظر في تقاطع المجموعات.

وقد تم تركيب البرنامج في MIT ويمكن تشغيله عن طريق شبكة أربا ARPA وقد كتب هذا البرنامج بلغة ليسب، واستخدمه كثير من العاملين.

وقد كتبت برامج أخرى لتقوم بعمليات التكامل الجبري، ولكن باستخدام قاعدة معرفة أصغر، ومن هذه البرامج REDUCE الذي استحدثه hearm[6] وبرنامج آخر للولبير معتمدا على SNARK[7] وبرنامج LEX لميتشيل[8] ويتميز الأخير باشتماله إجراءات للتعلم.

بروسبيكتور PROSPECTOR [9]

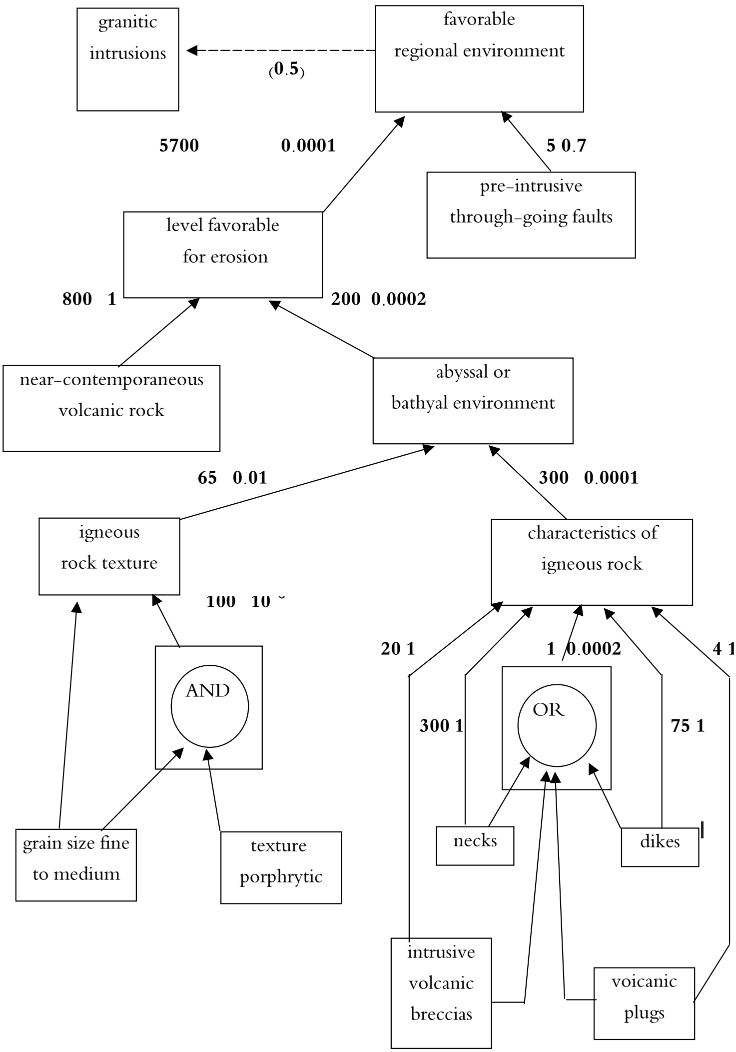
يتعلق هذا البرنامج بجيولوجيا المعادن، وهو يعالج المشكلة التالية: إذا توفر لنا وصفا جيولوجيا لمنطقة حفر، ما هي المعادن المتوقع استخراجها من هذه المنطقة؟ ويستخدم البرنامج عمليات استدلالية مستقلة غير مرتبطة بالموضوع الخاص (هنا الجيولوجيا) باستخدام شبكات دلالية مقسمة ومجمعة بكفاءة.

ويمكن إظهار عدم اليقين سواء في البيانات المستخدمة أو في الاستنتاجات التي يتوصل إليها البرنامج، ويمكن إدخال البيانات في بداية دورة التحاور مع الحاسب في شكل عبارات بسيطة بلغة طبيعية، وتحلل هذه العبارات بواسطة النحو الدلالي الذي يستخدمه برنامج التحليل LIFER[11] (انظر الفصل السابع) وقد استخدم برنامج التحليل هذا لتطوير عدة برامج بينية للغة الطبيعية وقواعد البيانات، وعادة ما تكون جلسة التحاور متفاعلة interactive وقد يطلب البرنامج أثناءها معلومات إضافية، وشأنه شأن برامج النظم الخبيرة المتقدمة، يستطيع برنامج بروسبكتور أن يشرح عمله في أي مرحلة في الجلسة، كما يمكنه تبرير النتائج التي توصل إليها.

وقد طورت عدة أدوات نافعة جدا حول بروسبكتور، منها برنامج يقوم بترجمة مزدوجة بين الشكل الداخلي للمعلومات (الشبكة الدلالية) وبين الشكل الخارجي القريب من اللغة الطبيعية، ويساعد Knowledge Acquisition system (KAS) برنامج اكتساب المعلومات[12] المستخدم على خلق نماذج جديدة

أو تعديل تلك الموجودة من قبل، ويقومKAs بالتأكد من أن درجة الاستحسان المقدرة لأحداث معينة تراعى قيود معينة، فإذا كانت درجة الاستحسان لحدث ما A هي PI(A)، وكانت A مجموعة فرعية من B، فان العلاقة PI(A)> PI (B) مكن أن تكون صادقة أبدا، لأن A يجب أ ن تراعي كل القيود على B، بل وقيود أكثر من تلك المفروضة على B نفسها.

ويبين شكل17-1 جزءا من شبكة الاستنتاج لبروسبكتور، ويمثل أحد الرقمين المرتبطين بكل فرع درجة الكفاية Degree of Sufficiency (DS) بينما يمثل الآخر درجة الضرورة Degree of Necessity (DN) وتعني درجة الكفاية العالية لحدث أو ملاحظة E أن هذا الحدث أو الملاحظة كاف لقيام الفرض لما ودرجة الكفاية اللامنتهية مساوية منطقيا للجزم بأن E--->H والقيمة الصغرى لدرجة الضرورة 1>> DN تعني أن الحدث أو الملاحظة مح ضرورية لقيام الفرض لما فإذا كان DN = O يكون ذلك مساويا منطقيا للجزم بأن -H E<-- وهكذا كما يمكن أن نرى في شكل 17- ايظهر وجود «رقبة neck» كدليل قوى (درجة كفاية 300) لوجود الصخور النارية ولكن ليس على الإطلاق ضروريا (درجة الضرورة =1)، بينما تقل درجة الكفاية «للرقبات البركانية Dikes» أو «التداخل البركاني» (درجة الكفاية 75 , 20). ولكن حقيقة أن كتلة معينة تتميز بوجود صخور نارية هو شرط كاف وضروري لكي يمكن تصنيفها بأنها بيئة هاوية أو متعلقة بأعماق المحيطات.



شكل 17 – 1 جزء من شبكة الاستنتاج لبرنامج بروسبيكتور (المصدر : دودا (9)) .

برنامج ليثو LITHO

إن من أهم مشاكل الكشف عن البترول تفسير المقاييس المختلفة التي ترتبط بالخواص الطبيعية لصخور المنطقة مثل الكثافة، التوصيل الكهربائي والنشاط الإشعاعي، ويمكن بهذه القياسات الاستدلال على نوع عينات الصخور المستخرجة بواسطة الثاقب Driller وتمثيلها بواسطة منحنيات تعرف بالخط السلكي أو الكتل الكهربائية.

والهدف من برنامج ليثو[13، 14] الذي طور في شلومبرجر-Schlum berger، هو تفسير هذه القياسات كما يفعل العالم الجيولوجي البشري خاصة في استخدام مثل هذه المعلومات كجغرافية المنطقة ونشأتها وطبقاتها الجغرافية، ومعادنها وتكون البترول فيها، ونحصل على وصف مفصل للقاع الأسفل بربط الشواهد التي يؤكدها ما يزيد عن مائة من المعاملات المختلفة، مستخدما ثقل الشواهد، وهكذا يمكن تصفية الفروض غير المؤكدة بالتدريج حتى نصل إلى نتيجة حازمة مقبولة.

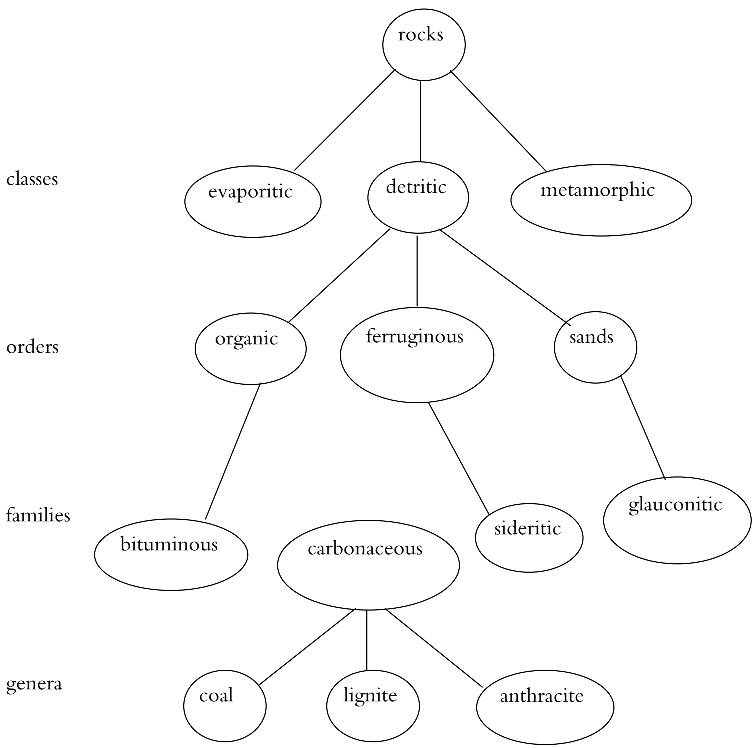
ويستخدم البرنامج كثيرا طرق ربط مقاييس الصدق، التي يبدو أنها ضرورية في البحث الجيولوجي حيث إن كثيرا من النتائج تعتبر غير نهائية، ويرجع إلى كثير من المعلومات من أجل ترجيح الفروض الأولية، وفي بعض الأحيان لمناقضتها حتى يمكن استبعادها وليس من غير المألوف في هذا المجال أن نضطر لمعالجة بيانات متناقضة، وسنتحدث عن ذلك في فقرة قادمة.

وقد قام ديفيز Davies[15] بمحاولة لتفسير كتل خط السلك Wireline logs ص ولكن بمثال واحد فقط لكل حالة، ويأخذ البرنامج في الاعتبار كل ما هو مرتبط بالحالة موضع البحث، مشيرا إلى بث موجات الصوت والكثافة والمقاومة وإشعاع جاما .. الخ، وعندما تجمع هذه الأنواع المختلفة من المعلومات معا، غالبا ما يتضح أن الكثير منها مكرر وأن بها تناقضات كثيرة أيضا، وأن مصادر الخطأ كثيرة ومتعددة.

مراحل الاستدلال في برنامج LITHO

لقد استحدث LITHO أساسا بالاعتماد على برنامج EMYCIN[16]، ويستخدم القواعد الإنتاجية (انظر الفصل الثاني عشر) بنفس قواعدها

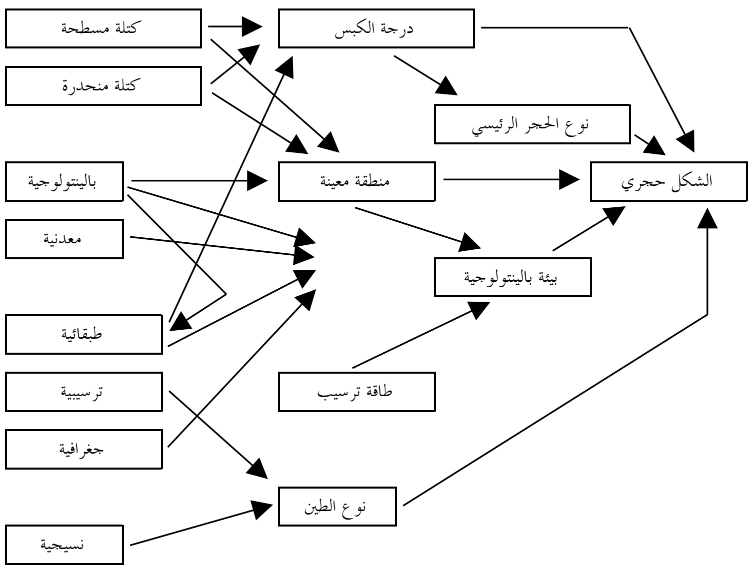
التركيبية، ويعطي البرنامج درجة ثقل للنتائج التي يتوصل إليها، وهو ما نسميه درجة الصدق، وبالإضافة إلى تلك القواعد، يعتمد البرنامج على قاعدة معرفة تصنيفية taxonomic عريضة للمعادن، والبليونتولوجي، والجغرافيا، والبيتروجرافي، وعلم الطبقات والتي تمكن البرنامج من استخدام معلومات أكثر عمومية من البيانات المدخلة. فإذا افترضنا أن هناك قاعدة تبدأ بالشكل التالي «إذا كانت المرحلة الجيولوجية ثانوية، و.. .»، وأدخل مستخدم البرنامج «الفترة الجيولوجية هي الطباشيرية»، فستنشط القاعدة لأن البرنامج «يدرك أن الفترة الطباشيرية هي جزء من المرحلة الثانوية، ويوضح شكل 17- 2 جزءا من شجرة الجغرافية البترولية.



شكل 17 - 2 جزء من تصنيف فحم البترول في برنامج LITHO

بيانات من مصادر مختلفة

إن المهمة الرئيسة التي يؤديها LITHO هي تحديد أنواع الصخور من بين التسعين نوعا الموجودة في قاعدة المعرفة، التي يمكن أن يقال بحق إنها من المنطقة التي يكمن فيها البئر فعلا، ويوضح شكل 17- 3 تدفق المعلومات بين البيانات المعطاة و الهدف المصبو إليه، ويستخدم في هذه العملية عشرات من معايير متوسطة، والرسم الذي يمثل عملية الاستدلال ليس عميقا جدا، فمستوى عمقه لا يتعدى أربعة مستويات في المتوسط.



شكل 17–3 مراحل العملية الاستدلالية

تحديد البنية العامة الليثيومية

Determination of the broad Lithological Structure

مما يجعل التحديد المفصل لأنواع الصخور أمرا معقدا أن أنواعا كثيرة من الصخور لها أشكال كتل متشابهة مثل Silexite charts و quartzite على سبيل المثال، بحيث يعتمد التمييز بين الاثنين على استخدام البيانات الجيولوجية الأخرى فقط، إلا أنه من الممكن إحراز بعض التقدم بالتعرف

على «المجموعات العليا-Su Per-Groups التي يمكن التمييز بينها فيما بعد على أساس، اعتبارات أخرى: فيمكن أن تنطوي كل heavy, dolomitic rocks, Saline rocks Rocks (Phosphates, siderites, Fenginous, limestones, etc) etc تحت صندوق عام باسم النسيجية Histogram (انظر شكل 17- 3).

فقاعدة رقم 54 في برنامج Litho مثلا هي:

إذا كانت نسبة «الجبس» في Histogram تتعدى 5٪.

إذن تكون البيئة القديمة لمنطقة الترسيب هي ضحلة (7 ,0) وشاطئ (3 ,0)، صخرية (2 ,0)، بحيرة (2 ,0) وبحر مفتوح (95 ,0-).

البيانات الخارجية

يشير هذا التعبير إلى جميع أنواع المعلومات المستمدة من مصادر أخرى غير الكتل Logs. وبعض مواد مثل هذه المعلومات لا تكون دائما متوفرة مثل وصف شظايا الصخور التي يعثر عليها في الطين أثناء عمليات الاستكشاف أو مواد علم الاحاثة Paleontology كالتي تدل على وجود المرجان، وهناك أنواع أخرى من المعلومات التي عادة ما تكون معروفة أو يمكن استنتاجها: وهكذا يمكن التوصل إلى معلومات قيمة عن أنواع الصخور في منطقة الاستكشافات من خلال المعرفة الجغرافية لموقع البئر، مثل مساطب الكربون في الشرق الأوسط، وفي معظم الأحيان يكون للمعلومات الجغرافية دور كبير في التوصل إلى استنتاج جزئي لعصر التكوينات، ومن ذلك يمكن التوصل إلى نتائج لها أهميتها.

ويتمكن برنامج LITHO عادة من التوصل إلى العصر الجيولوجي من معلومات الإحاثة حتى في حالة عدم معرفة عالم الجيولوجيا لذلك، فيعرف برنامج LITHO مثلا «شأنه شأن أي عالم جيولوجي جيد» أنه طبقا للقاعدة 101 فإن وجود مادة graptolithis يشير إلى أن المرحلة تكون إما Silurian أو. Ordivician

ويمكن وضع المعلومات الخارجية في ثمانية تصنيفات كما هو موضح أدناه، وهى تتكون من كل من أبنية تصنيفية تدخل بواسطتها البيانات في نظم يمكن أن تستخدم للتوصل إلى قواعد عامة جدا، وقواعد استنتاجية تنشط عندما تدخل البيانات إلى البرنامج. ومثال ذلك أنه إذا كان التكوين

cambrian (قديم جدا يرجع إلى أكثر من 570 مليون سنة) يكون هناك احتمال قوي أن الصخور عالية الضغط.

والتصنيفات الثمانية للمعرفة الخارجية هي كالآتي:

معرفة جغرافية (مناطق جيولوجية، أحواض، حقول، آبار)

أنشطة بنائية (ثنايا، تشققات أرضية، أنظمة)

معلومات طبقائية «عن طبقات الأرض». مراحل جيولوجية، عصور، نظام)

معلومات عن نشأة الأرض (التحجر)

معلومات عن التعدين (التكلس، الكوارتز)

معلومات عن وصف الصخور وتصنيفها (الحجر الجيري، الطفل، الرمال)

معلومات ترسيبية (صخور منحدرة، قنوات، تعرج، كثبان)

طبيعة بترولية (المسامية، المتغذية، التشبع)

وفيما يلي مثال عن قاعدة تربط المعلومات الجغرافية والطبقائية:

قاعدة295

إذا ١- كانت المرحلة الطبقائية هي العصر الطباشيري

و 2- وكانت المعلومات الجيولوجية واحدة من:

طبقة إيرانية أو حزام زاجروس zagros المنثني

إذن ١- من المحتمل أن تكون البيئة الأصلية:

fluvial بحيرة (0.6-) دلتا(0.6=)

LAGoon (-0.3) Arid (-0.6) GLAClAL (0.8-)

PELAgIc (0.4)....

2- احتمال أن تكون أنواع الليثيوم الرئيسة في المنطقة:

deitric (-0.3) biological (0. 3)evaporitic (0.3)

Plutonic (0.5)

3- هناك احتمال ضئيل أن المنطقة ليست مضغوطة كليا (2 ,0-)

4- هناك احتمال ضئيل لوجود بترول بالمنطقة (2 ,0)

وتربط القاعدة أعلاه الترسيب الأولي بنوع الليثيوم الأساسي للوصول إلى أصدق احتمالات وجود تفرعات الليثيوم.

قاعدة ٢٠١

إذا كان ترسيب البيئة الطبقائية من نوع نيتريك
و ونوع الليثيوم الأساسي هو بيولوجي
إذن احتمالات وجود أنواع الليثيوم المختلفة هي:
HALITE (0.2) DOLOMITE LIMESTONE ...

استخدام الخصائص العامة لكتل الخط السلكي

تحتوي الكتل على معلومات عددية ورمزية وعلى ملامح هامة تتعلق بشكل المنحنيات وهذه لها معان رمزية مهمة.

وقد استحدثت مجموعة من المفردات لتساعد على وصف أشكال الكتل المختلفة في ضوء أشكال أساسية Normalized signatures، وقد تم تجميع أشكال نمطية ووضعت في كتيب بحيث يمكن للمستخدم أن يتعرف عليها أثناء تشغيل البرنامج، ويقوم برنامج LITHO بمقارنة ومضاهاة البيانات الرمزية الهامة مع كافة البيانات الأخرى، وهذا يساعد على حل إشكالية التعرف، ويوضح شكل 17-4 مسارين نمطيين، بينما يوضح شكل 17-5 مسار ثالث وبعض السمات الوصفية، والصفات الرئيسية هي:

Plateaux: المناطق التي تظهر استجابات واسعة وثابتة على مدى25 مترا على الأقل.

Megaramps: المناطق التي تظهر زيادة أو نقصان على مسافة25 مترا على الأقل.

Major Beds: استجابة ثابتة على مسافة تتراوح بين ,2 25 متر.

Mesoramps: زيادة أو نقصان على مسافة تتراوح بين 5, 25 متر.

ويتحدث الجيولوجيون دائما عن «قمة طينية Clay Peak» بالكشف بواسطة أشعة جاما، لأن من خصائص الطين النشاط الإشعاعي العالي، ولكي يحصل البرنامج على هذه المعلومات فإنه يسأل المستخدم عن المنحنى الطبيعي المتوقع، أي اختلافات فرق الجهد الطبيعي مع العمق ويطلب رأى المستخدم حول وجود صفات مختلفة في مسارات معينة.

مثل صفات درجة الإشعاع و الكثافة والمقاومة. ومن واقع هذه البيانات التي يحصل عليها البرنامج يقوم بحساب درجات الاستحسان Plausibility Measures لكل بيئة تحت الدراسة، ولمجموعات الليثيوم الرئيسة وربما لكل

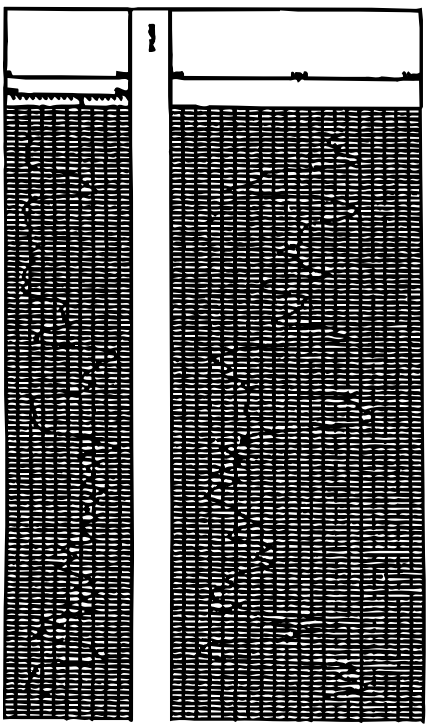
نوع من أنواع الصخور، ولا يحتاج أي شك لدى المستخدم في التعرف على الصفات المختلفة أن يوقف هذه العملية، لأنه حر في وضع رؤيته الخاصة بتحديد درجات استحسان يستخدمها البرنامج لتقليل قوة استنتاجاته، وفيما يلي مثال للطريقة التي تستخدم المعلومات الوصفية مع البيانات الرقمية:

قاعدة 8..

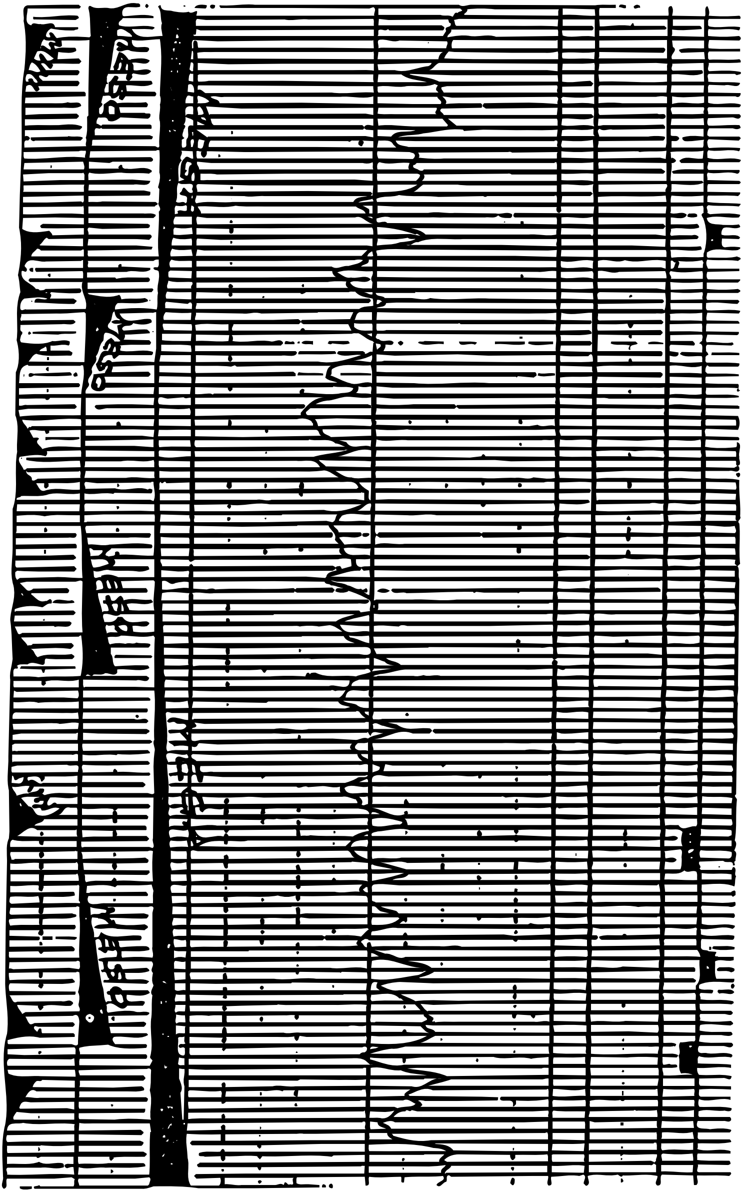
إذا كانت هناك هضبة في منحنى أشعة جاما

و مستوى النشاط الإشعاعي أدنى من 40API (الوحدات الدولية لأشعة جاما التي استحدثتها مؤسسة البترول الأمريكية).

إذن هناك احتمال قوي (0,8) إن المنطقة «نظيفة» إي بها محتوى طين ضئيل جدا.



شكل 17-4 تخطيط مساران نمطيان



شكل 17-5 السمات الوصفية للمسار التخطيطي

المحصلة النهائية للبرنامج

يقوم برنامج حسابي بإعداد المحصلة النهائية للبرنامج أخذا في الاعتبار الآتي:

1- قائمة بأنواع الصخور الأكثر احتمالا، مع درجات الاستحسان لكل نوع.

2- الكتل المسجلة في البئر تحت الدراسة.

وتشمل النتيجة النهائية التي نحصل عليها من البرنامج وصفا جيولوجيا كاملا للبئر على أبعاد15 سم، وقد أثبتت التجارب أن هذه النتائج قريبة جدا من النتائج التي يتوصل إليها العالم الجيولوجي البشري.

معالجة البرنامج للبيانات الخاطئة

لا تكون الظروف التي يتم في ظلها تسجيل المسارات ظروفا مثالية أبدا، والنتيجة أنه قلما تخلو النتائج من الأخطاء، كما يمكن أن تنشأ الأخطاء أيضا في عملية جمع شظايا الصخر، إذ يمكن أن تنحدر واحدة من مكانها الأصلي وبذلك تسجل في عمق مغاير لعمقها الأصلي، ويعالج LITHO مثل هذه المشاكل على النحو التالي:

1- لا يدعي أبدا أن أي نتيجة يتوصل إليها صحيحة 100٪، ولذلك إذا ثبت خطأ البيانات التي تعتمد عليها نتيجة ما، فإن مصادر المعلومات الأخرى البيانات التي تعتمد عليها نتيجة ما، فإن مصادر المعلومات الأخرى تساعد في التوصل ألي نتائج أقرب إلى الصحة.

2- يستخدم كثيرا من ألا طرادات، فتكون النتيجة الصحيحة الموثوق منها حاصل جمع من 5 إلى عشر نتائج أضعف.

علاقة مجال الاستخدام بعمليات الاستدلال

إنها حقيقة مدهشة أن صياغة القواعد الإنتاجية المرتبطة بدرجات الاستحسان لها نفس الفاعلية الجيدة في مجالين مختلفين متباعدين كالطب والجيولوجيا، وفي الحقيقة، أن العمليات الاستدلالية المستخدمة في المجالين متشابهة تماما بمعنى أن في كلا الحالتين تكون النتائج المتوصل إليها في العادة ضعيفة وتتطلب تأكيدا، بفحوصات وعمليات مخبرية إضافية، وهناك

أيضا تماثلا أبعد، ففي حالة الاستخدام المشترك للمعلومات الرمزية والعددية يتشابه رسم القلب مع كتلة الخط السلكي، كما يتشابه أيضا التاريخ الطبي للمريض مع التاريخ الجيولوجي للبئر، وفي كلا الحالتين يكون الهدف النهائي التوصل إلى تشخيص، للمريض في حالة الطب ولقاع البئر في حالة الجيولوجيا.

وتختلف هذه التطبيقات اختلافا صارخا مع فهم الصور المرئية أو لفهم الكلام، فهنا تتم المعالجة الرقمية أولا «التعرف على الأشكال Pattern recognition) معطيا وصفا غير دقيق للظاهرة، ويتم بعد ذلك معالجة هذا الوصف بطرق رمزية التي تستخدم مثلا معرفة عامة لأشكال الصور المرئية ومعرفة تركيبية أو دلالية لأشكال الكلام، ومن المهم تقدير أنه في حالة الجيولوجيا مثلا يكون للمعلومات الرمزية أسبقية ودور رائد في المعالجة العددية للكتل بتحديد أنواع الصخور الفردية التي يجب النظر فيها.

وتعكس مقاييس الاستحسان تقويم الخبراء للثقة التي يمكن أن توضع في النتائج، وليس لهذا أساس نظري، فقد تعطى بعض الدلالات الإحصائية، ولكنها تمثل في أغلب الأحيان الخبرة المتراكمة للخبير الذي إذا سئل: «إذا طلب منك أن تعطى درجة ثقة لبعض العبارات تتراوح بين-١٥ و + ١٥ فماذا تقول ؟ ولا شك أن هذه الفكرة غير شكليه.

النظم الحالية - خاتمة

لقد تصدرت التطبيقات الجيولوجية عرضنا هذا للنظم الموجهة للصناعة، مما يعكس أهميتها في الحياة الحقيقية لأن لها أهمية اقتصادية عظيمة، وحاليا هناك تطبيقات أخرى في الأعمال الزراعية لتشخيص أمراض النبات، وفي البيولوجيا الحيوية، وفي البنوك لحساب المخاطر المالية، وفي البيولوجيا الحيوية، وفي البنوك لحساب المخاطر المالية، وفي النقل لصيانة أساطيل الناقلات.. وهكذا، وأعظم البرامج نجاحا من الناحية التجارية حتى ألان هي بلا شك مجموعة البرامج التي استحدثتها شركة ديجيتال للحاسبات مثل برنامجRI ومن بعده برنامج xcon لقياس مواصفات أجهزة ال VAX وبرنامج XSEL كمساعدة في المبيعات.

وقد اشتركت الشركة الفرنسية ELF-aquitaine مع شركة الذكاء

الاصطناعي الأمريكية Teknowledge في إنتاج أحد الأنظمة الخبيرة للمساعدة في عمليات حفر الآبار، كما تعمل حاليا في فرنسا شركة CGE في بناء برامج تشخيص الأعطال في الأجهزة الكهربائية، وتعمل أيضا شركة CII في بناء برامج مشابهة لبرامج شركة ديجيتال لقياس وتشغيل الحاسبات الآلية.

ويحتوي جدول 17- 1 النظم الموجهة للصناعة المستخدمة حاليا أو في طريق الإنشاء.

جدول 17-1

المجال	الموضوع	اسم البرنامج	المؤلف
الكيمياء	تفسير بيانات مطياف الكتلة	DENDRAL	Feigenbaum (1)
	شرحه (تعليمي)	META-DENDRAL	Buchanan (3)
	تركيب عضوي	SECS	Wipke (17)
	تركيب عضوي	SYNCHEM	Gelernter (18)
طبيعة	حل مسائل ميكانيكا	MECHO	Bundy (19)
	تحليل الدوائر الكهربائية	SOPHIE	Brown (20)
	تحليل الدوائر الكهربائية	PEACE	Dincbas (21)
	اليكترونات	EL	Brown (22)
	ميكانيكا		Novac (23)
	اكتشاف قوانين	BACON	Langley (24)
	مقاومة المواد	SACON	Bennett (25)
جيولوجيا	علم المعادن	PROSPECTOR	Duda (9)
	بترول	LITHO	Bonnet (13, 14)
	بترول	DIPMETER ADVISOR	Davies (15)
	بترول	DRILLING ADVISOR	Hollander (26)
رياضيات	اكتشاف مفاهيم	AM	Lenat (28)
	معادلات تكامل . .	MACSYMA	Moses (4)
	معادلات تكامل . .	REDUCE	Hcses (6)
	التكامل	SNARK/INTEGRATION	Lauriere (7)
نظم الحاسب	تحديد مواصفات	RI, XSEL, XCON VAX	McDermott (29)
	تشخيص الأخطاء	DART	Bennett (30)
البرمجة الآلية	بناء برامج	PECOS	Barstow (31)
	بناء برامج	DEDALUS	Manna (32)
	بناء برامج	PSI	Green (33)
	بناء برامج	PROGRAMMERS APPRENTICE	Rich (34)
	بناء برامج	SAFE	Blazer (35)
صناعة	استشارة في تنظيم المصانع	GARI	Descotte (36)
شئون عسكرية	معالجة الإشارات	HASP/SIAP	Nii (27)

المراجع

(1) Feigenbaum E., Buchanan B., Lederberg J. (1971), On gener ality and problem solving: A case study using the DENDRAL pro gram, in machine Intelligence, Vol. 6, New York, Elsevier.

(2) Carhart R.E. (1979), CONGEN: An expert system aiding the structura chemist, in Revolution in the micro-electronic age, Michie (ed.) Edinburgh, Edinburgh University Press.

(3) Buchanan B., Mitchell T. (1978), Model-directed learning of production rules, in Pattern-directed inference systems, Waterman and Hayes-Roth (eds.), New York, Academic Press.

(4) (4) Moses J. (1967), A Macsyma Primer, Mathlab Memo 2, MIT Computer Science Lab.

(5) Genesereth M. (1976), DB: High-level data base system with inference, Memo 4, Macsyma Group, MIT.

(6) Hearn A. (1969), Reduce 2 users manual, Stanford Al memo AI-90.

(7) Lauriere J. L. (1982), Utilisation et representation des con naissances, RAIRO/TSI, 1 and 2.

(8) Mitchell 1. (1983), Learning and problem solving, IJCAI-83, PP.1139- 1151.

(9) Duda R., Gasching J., Hart P. (1979), Model design in the PROSPECTOR consultanat system for mineral exploration, in Expert systems in the micro-electronic age, D. Michie (ed.), Edinburgh, Edin burgh University Press.

(10) Konolige K. (1979), An inference net compiler for the PROSPECTOR rule-based consultation system, IJCAI-79

(11) Hendnch G.G. (1977), Human engineering for applied nat ural language processing, IJCAI-77, pp. 183- 191.

(12) Reboh R. (1981), Knowledge engineering and tools in the prospector environment, Techn. Note 243, Artificial intelligence Center, SRI International, Menlo Park, California.

(13) Bonnet A., Harry J., Ganascia J.G. (1982), LITHO, un sys tem expert inferant Ia geologie du sous-sol, RAIRO/TSI, Vol. 1 No. 5, pp. 393- 402.

(14) Bonnet A., Dahan C. (1983), Oil-well data interpretation us ing expert system and pattern recognition technique, IJCAI-83 pp. 185- 189.

(15) Davis R., Austin H., Carlboom I. Frawley B., Pruchnik P., Sneiderman R., Gilreath J.A. (1981), The DIPMETER ADVISOR: interpretation of geologic signals, ICJAI-81, Vancouver, pp. 846- 849.

(16) Van Melle W. (1980), A Domain-independent system that aids in constructing knowledge-based consultation programs, Stan ford University Heuristic Programming Project memo 80-82.

(17) Wipke W.T., Braun H., Smith G., Choplin F., Sieber W. (1977), SECS-Simulation and evaluation of chemical Synthesis: Strategy and planning, in W.T. Wipke and W.J. House (eds.), com puter Assisted Organic Synthesis, Washington, D.C., American Chemical Society, pp. 97- 127.

(18) Gelernter H.L., Sanders A.F., Larsen D.L., Agarwal K.K., Boivie R.H., Spritzer G.A., Searlman J.E. (1977), Empirical Explora tion of SYNCHEM, Science 197, pp. 1041- 1049.

(19) Bundy A., Byrd L., Mellish C., Milne R., Palmer M. (1979), MECHO, a program to solve mechanics problems, Dept. of Al. University of Edinburgh, working paper 50.

(20) Brown J.S., Burton R. (1975), Multiple representation of knowledge for tutorial reasoning, in Bobrow & Collins (eds.), Repre sentation and understanding, New York, Academic Press, pp. 311-350.

(21) Dincbas M. (1980), A knowledge-based expert system for automatic analysis and synthesis in CAD, Proc. of IFIP Congress, pp. 705- 710.

(22) Brown A., Sussman G.J. (1974), Localization of failures in radio circuits, a study in causal and teleological reasoning, MIT Ar tificial Intelligence memo 319.

(23) Novak G. (1977), Representation of knowledge in a program for solving physics problems. IJCAI-77. MIT

(24) Lanley P. (1979), Rediscovering physics with BACON-3, IJCAI-79. Tokyo, pp. 505- 507.

(25) Bennet J.S., Engelmore R. (1979), SACON: a knowledge-based consultant for structural analysis, IJCAI-79, pp. 47- 49.

(26) Hollander C.R. Iwasaki Y., Courteille J.M., Fabre M. (1983), Trends and Applications conference, Washington.

(27) Nii H.P., Feigenbaum E.A., Anton J.J., Rockmore A.J. (1982), Signal to symbol transformation: HASP/SlAP case study, the Al Magazine, 3,2, pp. 23- 55.

(28) Lenat D. (1980), On automated Scientific theory formation: a case study using the Am program, in Davis & Lenat (eds.), knowl edge-based systems in Artificial Intelligence, New York, McGrow Hill.

(29) McDermott J. (1980), RI: an expert in the computer systems Domain, in AAAI-80, pp. 269.271.

القسم الخامس
نظرة مستقبلية

18 الذكاء الاصطناعي والتدريس بواسطة الحاسب الآلي

مقدمة

نتناول في هذا الفصل استخدام الحاسب كوسيلة معاونة في التدريس. وقد استحدثت كثير من البرامج والنظم ضمن الأطر التقليدية لهذه الغاية. وتتضمن هذه البرامج إجابات وحلول المسائل التي تطرحها على الطالب، ولكن بقدرة محدودة جدا على الاستدلال والتفكير، وبالتالي فليس معظم هذه البرامج قدرة ذاتية كل هذه المسائل بنفسها. وأفضل هذه البرامج لها بعض القدرة على المسائل- إذا عرفنا هذه القدرة بمعناها الواسع جدا، ولكنها لا تفصل قاعدة المعرفة التي تستخدمهما عن آلية التحكم، مما يجعل من الصعب ضمهما إلى البرنامج. ولهذا نقترح في هذا افصل بناء برامج التعلم على غرار الأنظمة الخبيرة.

وبعكس النظم التقليدية، تبدأ البرامج الذكية للتعليم من الفرضية القائلة إنه لابد للبرنامج التعليمي نفسه أن يكون خبيرا في المجال الخاص به، بمعنى أنه يجب أن يكون قادرا على حل المسائل التي يضعها-ربما بعدة طرق-كما يجب أن يكون قادرا

على تتبع ونقد الحلول التي يتوصل إليها الطالب. كما يجب أن يكون لهذه البرامج الذكية أساس نظري للاستراتيجية التعليمية التي تتبعها والتي يجب أن تكون واضحة وغير متضمنة بشكل غامض في قاعدة المعرفة للبرنامج. كما يجب أيضا أن تكون هذه الاستراتيجيات قابلة للتطبيق في مجالات مختلف وعديدة، وقد لا نكون واقعيين إذا طمحنا إلى استراتيجية واحدة لكل المجالات، ولكنه يبدو من المنطق أن نتوقع بعض المبادئ العامة التي يمكن أن تهتدي بها مثل هذه البرامج. ويستطيع البرنامج الذي اختبر قدرات الطالب ومعرفته أن يستخدم نتائج تقويمه في وضع صورة للطالب profile لتصبح إحدى القيم المستخدمة في توجيه عملية التعليم الفردية.

نبذة تاريخية

وتتلخص الطريقة المعتادة لبرامج التعليم بواسطة الحاسب في الآتي:

أولا: يعرض نص الدرس على شاشة الحاسب، ثم توضع الأسئلة للطالب الذي يجيب على الأسئلة باختصار، وذلك لعدم قدرة البرنامج على تحليل اللغة الطبيعية. وأخيرا يستمر البرنامج في عرض مادة تعليمية أكثر صعوبة، إذا كانت إجابة الطالب صحيحة، أو يبين الخطأ في إجابة الطالب ويعرض الإجابة الصحيحة.

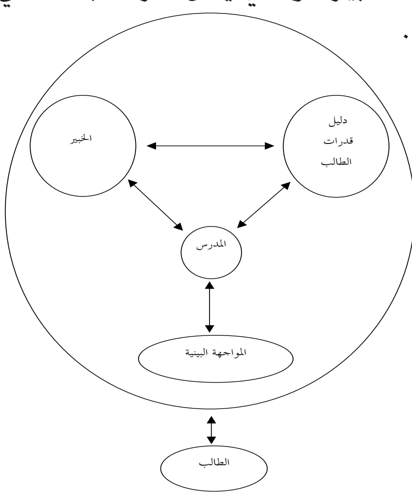
وسوف لا نعرض هتا طريقة لوجو LOGO لسيمور بابيرت-seymour pa 1-pert[1، 2]، التي تتبع نهج بياجيت Piaget للتعليم التلقائي-spontane ous learning بالتفاعل مع البيئة المحيطة، وذلك لأن هذا النهج يهتم بتنمية قدرات الأطفال الإبداعية بإعطائهم وسيلة تتجاوب مع الأفكار التي يعبرون عنها أكثر من اهتمامه بتعليم مادة معينة. فيمكن للأطفال باستخدام طريقة لوجو رسم اللوحات وتأليف الموسيقى كذلك أن فلسفة هذا النهج عكس برامج التعليم التقليدية التي تتميز بالوضع السلبي للطالب.

وتعود بداية استخدام أساليب الذكاء الاصطناعي في التعليم إلى برنامج سكولار scholar[3] لتدريس جغرافية أمريكا الجنوبية، واستخدام قاعدة معرفة جغرافية التي لم تكن مجرد نصوص مسجلة سلفا. ومن الأفكار الجديدة في هذا البرنامج أنه من الممعن لكل من البرنامج أو الطالب أن يأخذ المبادرة في الحوار. ويقوم برنامج صوفي SOPHIE[4] بتعليم الطالب

كيف يجد ويصحح الأخطاء في الدوائر الإلكترونية، ولهذا البرنامج مواجهة مرنة جدا باللغة الطبيعية مع المستخدم مما يمكنه من فهم وانتقاد الحلول المقدمة له. وقد اتجه البحث في السنوات الأخيرة إلى دراسة تحليل أخطاء الطلاب. وقد أظهر استخدام باجي BUGGY[5] أن بعض أخطاء الطلاب الحسابية التي بدت أولا عشوائية كانت في أغلب الأحيان أخطاء مطردة نتجت عن الطريقة المستخدمة من قبل الطلاب. وقد طورت ألعاب تربوية مثل ويمبوس WUMPUS [6] للتوصل إلى الأسباب التي تكمن وراء عدم استخدام اللاعبين الاستراتيجيات المثلى. كما أظهر برنامجا واي WHY[7] وجايدون GUIDON[8] الفرق بين تدريس موضوع خاص والاستراتيجيات العامة للتدريس. فهناك مثلا قاعدة عامة تقول: «إذا لم يستطع الطالب فهم قانون عام، أعطه مثالا محددا، وهي تنطبق على تدريس كافة المواضيع. وتوضح الفقرات التالية بعض طرق تمثيل الموضوعات التي تدرس، وبعض المبادئ التعليمية التي استحدثت.

مكونات برامج التعليم الذكية بمعاونة الحاسب

يوضح شكل 18-1 التخطيط العام [9] لبرامج التعليم بمعاونة الحاسب في إطار الأنظمة الخبيرة، والذي يمثل ثمرة الأبحاث في هذا المجال في السنوات الأخيرة.



شكل 18 - 1 البرامج الذكية للتعليم بمعاونة الحاسب

ولا داعي لأن نؤكد هنا مرة أخرى أهمية وجود مواجهة بينية «ودية» بين المستخدم والبرنامج، ولكن علينا أن نذكر أنه يجب أخذ التطور التقني بعين الاعتبار عند تزويد البرنامج بالمواجهة البينية. ونشير هنا بوجه خاص إلى إمكانية استخدام الرسومات و«الفأرة mouse» لتحريك مؤشر الشاشة cursor لاختيار بنود من الشاشة، وهذا أسهل وأسرع من استخدام طرق تتطلب تحليل اللغة الطبيعية. ويجب طبعا أن يستمر البحث في فهم اللغات الطبيعية، ولكن-في حدود مغرفتا الحالية-لا يبدو أنه أهم متطلب لتطوير برامج التعليم بمعاونة الحاسب. وعلى أي حال فالمطلوب هو استخدام طرق أكثر تقدما في مجال التعليم للوصول إلى فهم أعمق.

ويركز هذا الفصل على وظيفتين رئيسيتين: هما الأنظمة الخبيرة وبرامج التعليم.

دور النظم الخبيرة

قد يبدو ذكرنا في مقدمة هذا الفصل أن برامج التعليم بمعاونة الحاسب يجب أن تكون خبيرة في مجالها أمرا بديهيا، إلا أنه يجب ألا ننسى أن الكثير من هذه البرامج التقليدية لا تستطيع حل المسائل التي تضعها للطلاب بنفسها، فمثلا لا يستطيع برنامج بيب Bip[10] لتعليم لغة بيسيك للبرمجة أن يكتب برنامجا بلغة بيسيك على الرغم من قدرته على تصحيح أخطاء معينة في البرامج المقدمة له. كما يجب أن يتمكن البرنامج الخبير من توليد المسائل، آخذا في الاعتبار قدرات الطالب العلمية بالتفصيل كمستوى أداء الطالب والصعوبات المتوقعة، ومدى التأكيد على النقاط الصعبة والهدف من التعليم في تلك اللحظة، كما يجب أن يكون قادرا على تنفيذ تعليمات المدرس لوضع مسائل أكثر صعوبة من التي قبلها على أن يمكن حلها بنفس الطريقة.

ويجب أن يمون البرنامج الخبير قادرا على إعطاء إجابات تفصيلية مرتبة، موضحا فيها النقاط الصعبة، وعارضا لخطوات الحل، وذلك لتحقيق الأهداف التالية.

- مقارنة حل الطالب بحل البرنامج.
- قياس وتقويم طريقة حل الطالب بمقارنتها بطريقة البرنامج.

- مساعدة الطالب الذي بدأ في المسار الصحيح، ولم يستطع أن يتعدى مرحلة معينة في الحل.

ويجب أن يكون البرنامج قادرا على الجمع بين الطرق الخوارزمية والتجريبية. ويكتسب البرنامج الطرق التجريبية من الخبراء البشريين وتتميز بملاءمتها لشرح المسائل الصعبة وطرق الشرح لأنها توضح كيفية عمل العقل البشري في مثل تلك المواقف[11]. وتستخدم الطرق الخوارزمية لسرعة الإنجاز أو لعدم إمكانية حل المسائل بطريقة أخرى. وعندما نضطر لاستخدام الطرق الخوارزمية، فإنه يجب أن تكمل بطرق أكثر تعليمية للطالب أو تعتبر كصندوق مغلق. ولا يعتبر هذا عائقا للبرنامج، فهناك مستوى معين لكل إنسان أو برنامج لا يستطيع أن يتعداه.

ومن المتطلبات الأخرى لهذه البرامج أن تكون لديها القدرة على اكتشاف الأخطاء المطردة أو الشائعة، واكتشاف أي ثغرات في فهم الطالب العام التي قد تنشأ عنها مثل هذه الأخطاء. ويفترض ذلك وجود نموذج تعليلي متقدم يستطيع أن يستفيد من الاعتبارات النفسية.

وأخيرا يجب أن يكون البرنامج قادرا على إعطاء تفسيرات على مستويات مختلفة. فإذا استخدم البرنامج في حل إحدى المسائل سلسلة من الاستنتاجات مثل أ --> ب --> ج، يكون الجواب العادي لسؤال «لماذا ج ؟» هو لأن ب»، و«لماذا ثانية، يكون الجواب لأن أ». بينما يعني السؤال الثاني في الأغلب أن الطالب يريد أن يعرف لماذا تدل «ب» على «ج» بدلا من تسلق سلم النتائج. وزد يكون مناسبا جدا في هذه الظروف إعطاء تفسير في شكل رسومات «فين Ven diagrams» حيث تمثل المجموعات في شكل دوائر.

دور البرنامج التعليمي

إن المدرس الذي يصمم البرنامج هو الشخص الذي يجب أن يتخذ قرارات مثل «ما هو الوقت المناسب لإعطاء الطالب لمحة عن الإجابة؟» أو«إلى أي مدى يمكن السماح للطالب بالاستمرار في الخطأ؟» وللمساعدة في حل مثل هذه المشاكل، يمكن الاستفادة من النظريات النفسية كأس آس لأبحاث استخدام الذكاء الاصطناعي في التعليم بمعاونة الحاسب.

إن الفرضية الشائعة والمقبولة هي أنه يوجد في ذهن الطالب نموذج

للمعرفة والمهارات التي يتوقع أن يكتسبها، وأنه يستخدم هذا النموذج بقوة في محاولة حل المشاكل التي تواجهه. ويعني هذا سلوك حتمي (محدد سلفا) للطالب-de، terministic behavior يحدده النموذج، وهو طبعا افتراض مبسط. ويرى المدرس في النموذج صورة للقدرات التي على الطالب اكتسابها، مما يمكن أن يستخدم لتوجيه استراتيجية التدريس. ومن وجهة نظر علم المعلومات، فإن القيم المرتبطة بقدرات الطالب تشكل الحدود Arguments لوظائف البرنامج المتضمنة في البرنامج التعليمي. وهكذا يكون تصور المدرس لقدرات الطالب هو تقريب للنموذج الداخلي في ذهن الطالب والذي لا ندعي معرفتنا الكاملة به.

وتطرح النظرية التعليمية التي تتبع النهج السقراطي فكرة أن فهم وتعلم المفاهيم المعقدة يمكن أن يسهل بدراسة الأمثلة الخاصة لاستخلاص القوانين العامة منها. ويناسب الحوار السقراطي بوجه خاص المواضيع التي تدخل فيها العلاقات السببية، وإن لم يكن لها دور مباشر في الحال. ويوضح ذلك كولينز Cellins[8]، فهو يعطي 24 قاعدة إرشادية يبني عليها النقاش للوصول خلال عدة خطوات إلى الظروف التي تساعد على زراعة الأرز. وفيما يلي مثال لحوار افتراضي يمكن إجراؤه باستخدام البرنامج بين المدرس (م) والطالب (ط)، ونضع القاعدة المناسبة بين أقواس بعد كل سؤال).

م: أين ينمو الأرز في شمال أمريكا؟

(قاعدة1: اسأل عن حالة معروفة)

ط: في لويزيانا

م: لماذا هناك (

(قاعدة 2: اسأل عن الأسباب)

ط: لأنه توجد مياه وفيرة هناك

م: هذا صحيح. ولكن هل تعتقد أن هناك أرزا مزروعا في ولايتي واشنطون وأوريجون مثلا؟

(قاعدة 6: أعط مثالا مناقضا لتوضيح العوامل الضرورية الأخرى).

ط:لا,لا أعتقد ذلك

م: لماذا لا تعتقد ذلك ؟

(قاعدة 2: اسأل عن الأسباب)

ط: هناك ماء وفير، ولكن يوجد سببان لعدم زراعة الأرز في هذه المنطقة: المناخ ليس صالحا، ولا أعتقد أن الأرض مسطحة بدرجة كافية- يجب أن تكون الأرض مسطحة لتستطيع إغراقها بالماء، أو على الأقل يجب أن تمهدها.

م. إذن، ماذا عن اليابان ؟

(قاعدة 8: استخدم مثالا مضادا لتبين أي العوامل غير ضرورية)

........! إلخ

ومن مبادئ كولينز التجريبية الآتي: «إذا شرح الطالب علاقة سببية وضمنها أحد العوامل غير الضرورية، فابحث عن مثال مناقض يكون فيه لهذا العامل قيمة معاكسة، واسأل لماذا لا تقوم العلاقة في مثل هذه الحالة». وتتكون قاعدة المعرفة لهذا البرنامج من علاقات من نوع «يتبخر الماء من سطح البحر، ثم ينتقل الهواء الرطب بفعل الرياح إلى اليابسة، حيث يبرد، وتسقط رطوبته في شكل أمطار أو ثلج». وما يميز مثل هذا البرنامج عن برامج التعليم التقليدية أن مثل هذه العبارة ليست جزءا من نص سبق تسجيله، ولكنها مستخلصة من التمثيل الدلالي الموجود في البرنامج.

ويعطي استخدام بيرتون Burton، وبراون Brown[12] للعبة West المقتبسة من PLATO[13] مثالا تطبيقيا لنظرية «الأخطاء البناءة». وهذه اللعبة هي من اللعب التي تستخدم رقعة كرقع الشطرنج بها ثعابين وسلالم حيث يجب تجنب الوقوع في الكمائن واتخاذ أقصر الطرق للتقدم حول الدائرة، ويرمي كل لاعب بالزهر ثلاث مرات ويجمع الأرقام بأي طريقة تحلو له مستخدما العمليات الحسابية العادية ليقرر عدد الخطوات التي سيتقدمها. وليس بالضرورة أن يكون العدد الأكبر هو الاختيار الصحيح، والمشكلة هي إيجاد العدد الأمثل في كل لعبة. وبالإضافة إلى أن البرنامج خبير في هذه اللعبة، فهو أيضا ذو استراتيجية تعليمية هامة، فكلما اكتشف حركة غير موفقة من اللاعب، فإنه يعطي عدة دلاك تمكن اللاعب من التنبه إلى خطئه بالتدريج، ولهذا سميت بالأخطاء البناءة. ونظرا لكونها لعبة تعليمية، يتبنى المعلم مبدأ عدم التدخل إلا عندما يكون هناك فرق كبير بين حركة اللاعب والبرنامج.

وقد استحدث كارCarr و Goldstein[14]، نظرية تنظر إلى نموذج الطالب

الداخلي كصورة مشوهة من مهارات ومعرفة الخبير. فالتشويه يمكن أن ينجم عن استخدام القواعد الخاطئة. ويجب على البرنامج أن «يعرف» هذه القواعد الخاطئة، وأن يضعها موضع التطبيق في المسائل التي يعالجها، حتى إذا أعطت قاعدة منهم نفس الإجابة الخاطئة التي يعطيها الطالب، يكون الاستنتاج المعقول أن هذه القاعدة الخطأ تشكل جزءا من نموذج فكر الطالب، وفي هذه الحالة يمكن تدريس الصيغة الصحيحة للقاعدة.

وما زالت هذه النظريات التعليمية بسيطة جدا، ولا تستطيع تناول جميع المواقف، إلا أنها تمثل مرحلة من مراحل تطور الاستراتيجيات غير المباشر في التدريس بواسطة الحاسب. ولاشك أن استغلال إمكانيات الحاسب التفاعلية قد تم بشكل أفضل وأكبر من خلال هذه النظريات عن طرق التدريس التقليدية. ويجب على الباحثين في هذا المجال أن يكونوا واعين باستمرار للحاج الواضح بين المجال العلمي لموضوع الدرس وبين الاستراتيجيات للتدريس.

قيود على بناء نظم خبيرة في البرامج التعليمية

إن المبدأ الذي تبنى عليه هذا الجزء هو «ليس بالضرورة أن يكون الخبير الممتاز مدرس ممتاز أيضا». ويمكن أن نعبر عن ذلك بطريقة أخرى أنه قد يمكن لبرنامج ما أن يشرح كيفية حل مسألة معينة، ويعطي أسباب اختيار مجموعة من الافتراضات بدلا من غيرها، ولكن لا يعني ذلك بالضرورة أنه يمكن أن يشرح لماذا سلك الطريق الذي سلكه في الحل. فالقدرة على شرح الاستراتيجيات المستخدمة في الحل تتطلب درجة أكثر من التفصيل في المعرفة ليست ضرورية لعملية الحل ذاتها (أي يمكن التوصل إلى الحل في غيابها). وتمثل عملية ترجمة compiling البرامج مثالا واضحا، لهذا فالبرنامج المترجم compiled program يكون من الصعب جدا قراءته على الرغم من أنه يكون على درجة عالية جدا من الكفاءة.

وهناك اتفاق عام على أن البناء التركيبي modular structure للتمثيل يجعل العمليات الاستدلالية للبرنامج أكثر وضوحا، وأسهل تفسيرا. إلا أن كلاني W. clancey, قد علق على ذلك قائلا إن معظم البرامج تغفل الخطوات الوسطى في العمليات الاستدلالية، خاصة عندما تتعامل مع العلاقات

السببية، وبينما لا يقلل هذا من كفاءة عملية الاستدلال، بل على العكس قد يزيدها، إلا أنها تصبح عائقا عندما يطلب من البرنامج أن يشرح كيفية توصله للنتائج التي انتهى إليها.

خاتمة

تفتح تقنية الذكاء الاصطناعي آفاقا جديدة في البحث في طرق التعليم. وإذا كان لنا أن نغتنم هذه الفرصة، فلابد أن تتوافر النظم الخبيرة لأغراض التعليم، كما لابد وأن تبني بشكل جيد بحيث تستخدم بنجاح في البرامج التعليمية. والحاسب هو أداة جيدة وقوية لاختبار نظريات التعليم والتعلم، وخصوصا لاختبار عمومية، وخصوصية هذه النظريات في المجالات المختلفة، وكذلك لاختبار فتاليتهم [16]. ويمكن للبرامج التي تستخدم هذه الطرق أن تفسر خطوات تفكيرها، بدلا من مجرد عرض النص التعليمي على شاشة الحاسب معظم الوقت كما يحدث في برامج التعليم التقليدية.

المراجع

(1) Papert S. (1970), Teaching Children Programming, IFIP Confer ence on Computer Education, New York, North Holland.

(2) Papert 5. (1980), Mindstorms, Children, Computers and Powerful Ideas, Basic Books, New York.

(3) Carbonnel J. (1970), Al in CAl, an artificial approach to comput er-assisted instruction, IEEE Transactions on man-machine systems, Vol. MMS-l1, December.

(4) Brown J. S., Burton R. (1975), Multiple representation of knowl edge for tutorial reasoning, in Bobrow & Collins (eds.), Repre sentation and Understanding, New York, academic Press.

(5) Brown J. S., Burton R. (1978), Diagnostic models for procedural bugs in basic mathematical skills, Cognitive Science 2, pp. 155- 192.

(6) Carr B., Goldstein I.(1977), Overlays, a theory of modelling for CAl, MIT Al lab memo 406.

(7) Clancey W. (1970), tutoring rules for building a case method di alogue, International Journal of Man-Machine Studies, 11, pp. 25- 49.

(8) Collins A. (1976), Process in acquiring knowledge, in Schooling and Acquisition of Knowledge, Anderson, Spiro, Monatgue (eds.), Hillsdale, N.J. Lawrence Erlbaum Assoc.

(9) Bonnet A., Cordier M. 0., Kayser D. (1981), An ICAI system for teaching derivatives in mathematics, Proc. of 3rd World Conference on computer Education (WCCE), Lausanne, 27- 31 July.

(10) Barr A.. Beard M.. Atkinson R. C. (1975). A rationale and de scription of a CAl program to teach the BASIC programming lan guage, Instructional Science, 4, pp. 1- 3 1.

(11) Polya G. (1945) How to solve it, a new aspect of mathematical method, Princeton, Princeton University Press.

(12) Burton R., Brown J. S. (1979), An investigation of computel coaching for informal learning activities, IJMMS 11, pp. 5- 24.

(13) Dugdale S., Kibbey D. (1977), Elementary mathematics with PLATO, Urbana, University of Illinois.

(14) Goldstein I, Papert 5. (1977), Artificial intelligence, language and the study of knowledge, Cognitive Science, Vol. 1, 1.

(15) Clancey W., Lestinger R. (1981), Neomycin: reconfiguring a rule-based expert system for application to teaching, IJCAI-8 1, pp. 829- 835, Vancouver.

(16) Stevens A., Collins A., Goldin S. (1979), Misconceptions in stu dents understanding, International Journal of Man-Machine Studies, Vol. ll,pp. 145- 156.

19 البرامج القابلة للتعلم

مقدمة

إن القدرة على التعلم هي أحد المكونات الأساسية للذكاء، ونحن نتحدث هنا عن التعلم بمعناه العام أي بأنه يمثل الطريقة التي يزيد بها البشر والحيوانات والحاسبات مخزون المعرفة لديهم، ويطورون مهاراتهم وقدراتهم الفكرية.

وقد استمرت دراسة عملية التعلم منذ الأيام الأولى للذكاء الاصطناعي. فقد احتوى مثلا برنامج CHECKERS[1] لصامويل سجلات لعدد كبير من اللعب التي يستخدمها البرنامج ليحسن من طريقة لعبه، وذلك كما تعلم البرنامج الذي كتبه وترمان waterman[2] لعبة البوكر: وتوضح هذه الأمثلة أن برنامج الحاسب لا يستطيع التعلم بكفاءة ما لم يكن متاحا لديه تمثيل صحيح للمعرفة ألغى يهدف لاكتسابها. وقد تناقصت الجهود البحثية في هذا المجال بعد فترة، ربما لتحول الاهتمام إلى مجالات أخرى مثل طرق تمثيل المعرفة. وقد عاد الاهتمام الآن إلى البحث في جعل البرامج قادرة على التعلم لأن برامج الحاسب الحالية قد ازداد حجمها وكفاءة أدائها لدرجة يستحيل معها إدخال التحسينات عليها يدويا، وأصبحت الاستعانة بالحاسب لهذا الغرض

أمرا ضروريا.

وقد كان التعلم يعتبر في الماضي مساويا للتأقلم، ولهذا ينطوي على التقريب المستمر لقيم المعاملات parameters للظاهرة أو الفكرة المعينة تحت الدراسة. ويهدف هذا المنهج إلى تطوير برنامج تعليمي يصبح مع مرور الوقت أكثر ثباتا، وأكثر كفاءة؟ وهو قريب مما يتبع في مضاهاة وتصنيف التشكيلات- pattern clas sification and recognition[3]. وقد كان النوع الأول من برامج تعلم الحاسب عدديا بطبيعته، واعتمد دائما على استخراج، من الأمثلة المعطاة، وظيفة متعددة الحدود polynomial function. وتعتبر آلة التمييز الصناعي perceptron لروزينبلات Rosenblatt[4] مثالا جيدا لذلك. إلا أنه سرعان ما اتضح قصور هذا النهج كما أوضح سيمون Simon[5]، وكان الدرس الأساسي المستخلص من ذلك هو أن البرنامج الذي يبدأ بدون معرفة أولية لا يمكن أن يصل لمستوى أداء جيد.

وقد ابتعد مفهوم التعلم في الذكاء الاصطناعي عن هذا الاتجاه العددي في الستينات، واتجه البحث نحو بناء بنية رمزية معتمدة على علاقات المفاهيم، ويعتبر برنامج ايبام EPAM[6] لإدوارد فايجينبام Edward Feigenbaum الذي استخدم شبكة تمييز discriminating network لدراسة العلاقات بين المقاطع في تجارب الحلم بالحفظ عن ظهر قلب-مثالا على ذلك وكان منهج التقويم المتتابع للمعايير والمعاملات يعتبر الوسيلة الأخيرة التي يلجأ إليها لتعلم المستويات العليا من البنية الرمزية. إلا أنه لم يتوفر في ذلك الوقت فهم كاف عن كيفية تمثيل المعرفة، الأمر الذي يساعد برامج التعلم الجيدة على التطور في اتجاه هذا الخط الجديد. ونتيجة لهذا تلاش الاهتمام بالموضوع في دوائر الذكاء الاصطناعي بعد المحاولات التجريبية الأولى.

ويمكن تمييز أنواع مختلفة من التعلم كما يلي:

الحفظ الصم والقبول المباشر للمعلومات الجديدة

لا يتطلب البرنامج هنا أي قدرات استنتاجيه، بل يسجل ببساطة الحقائق والأمثلة الجديدة دون تحويل أو تطبيق؛ وهذا هو الأسلوب المعتاد في البرمجة.

التعلم بتلقي الإرشادات.

يتلقى البرنامج مواد جديدة للمعرفة أو إرشادات في شكل يمكن أن يندمج في المعرفة المخزنة قبلا في البرنامج لتحسين القدرة الاستدلالية للبرنامج.

التعليم بالتناظر.

يتلقى البرنامج حقائق جديدة مشابهة بدرجة كبيرة لبعض الحقائق الموجودة بالبرنامج من قبل، مما يؤدى إلى تمكن البرنامج من أن يوفق سلوكه في مواقف جديدة لها بعض الشبه بمواقف تعامل معها البرنامج من قبل.

التعلم من الأمثلة.

يستنبط البرنامج القواعد العامة من الأمثلة المحددة المعطاة له. فلكي نعلم البرنامج المعنى العام لماهية أن يكون الشيء حصانا، نعطيه أمثله لحيوانات من بينها خيول وأشياء أخرى، ونذكر للبرنامج أي منها الخيول، وعلى البرنامج أن يجد القواعد التي تمكنه من تمييز الخيول من غيرها. وليس من الضروري إعطاؤه أمثلة سلبية، إلا أن ذلك يسرع من عملية التعلم.

التعلم بالملاحظة والاكتشاف.

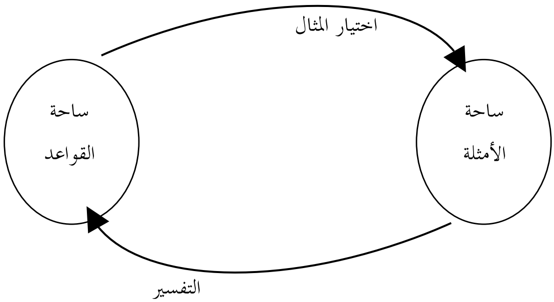
التعلم بهذه الطريقة تعلم ذاتي، غير خاضع للإشراف والتوجيه، ويتطلب قدرة عالية على الاستنتاج، فيقوم البرنامج بتدقيق المعرفة الخاصة لديه في محاولة لاكتشاف الأنماط ليستخلص منها قوانين وحقائق جديدة.

وسوف نعرض للطريقتين الأخيرتين فقط في هذا الفصل، ويمكن للقارئ الرجوع إلى ميخاليسكي وكاربونيل وميتشيل Michalski, Cubonell and Mitchell[7] للحصول على معلومات عن كافة طرق التعلم المذكورة أعلاه.

نماذج عامة لبرامج التعلم

سنعرض-من بين نماذج التعلم-العامة-نعرريخح الساحتين-two-space mod اصح الذي وضعه سايمون ولي Simon and Lea[8]. وكما يتضح من شكل 19-

ا يتكون هذا النموذج من ساحة للأمثلة وأخرى للقواعد، ومن الملائم استخدام التعبير «قواعد» هنا رغم أنه قد تتخذ الأفكار التي يمكن استنتاجها من الأمثلة شكلا يختلف عن القواعد المألوفة، فقد تمثل مفهوما معينا أو خواص تميز كيان ما.



شكل 19-1 نموذج الساحتين للتعلم من الأمثلة

ومن الأمثلة آلتي سنستخدمها كثير«فيما يلي ذلك الخاص بتعلم مفهوم «الفلوش» flush في لعبة البوكر، والذي يعني أي خمس أوراق من نقش واحد في يد اللاعب.

فمن خلال عدة أمثلة يتعين على البرنامج أن يكتشف أن رتب الأوراق لا تهم، كما أن النقشة نفسها لا تدخل في الاعتبار، فسواء كانت الأوراق من نقشة البستوني spades أو القلوب hearts لا يهم، ولكن الصفة الضرورية هي أن تكون الأوراق الخمسة من نقشة واحدة.

ساحة الأمثلة The example space.

إن من أهم أسس التعلم الناجح استخدام الأمثلة الجيدة الخالية من الأخطاء. ويجب اختيار هذه الأمثلة بحيث تمكن البرنامج من التمييز بين القمح والتبن، أي أن يستطيع البرنامج أن يجد العوامل المميزة للمفاهيم التي عليه أن يتعلمها. ورغم أن برنامج التعلم الجيد يجب أن ينجح رغم وجود بعض الأخطاء في الأمثلة المعطاة، إلا أن التقنية المتاحة ألان ليست على درجة من الرقي بحيث تسمح بالتوصل إلى هذا المستوى. وبالنسبة لمعيار التمييز، فإنه ليس من الحكمة استخدام ورقة آس ace مثلا في كل

مثال للفلوش flush لبرنامج مهمته أن يستنتج مفهوم الفلوس فإنه قد يلحظ هذا الاطراد ويتوصل-لو كان ماهرا-إلى الاستنتاج الخاطئ بأن وجود ورقة الآس ضروري للفلوش.

وهناك متطلب آخر وهو أن الأمثلة يجب أن توضح بترتيب صحيح، فالمدرس الجيد يعطي أمثلته بترتيب يتدرج من السهولة إلى الصعوبة.

ساحة القواعد The rule space.

ويعتبر استخلاص المبادئ والقوانين العامة عمليه جوهرية في التعلم من الأمثلة. ويكون وصف (أ) أكثر عمومية من وصف آخر (ب) مثلا، إذا كان (أ) ساريا في جميع المواقف التي يكون فيها (ب) ساريا، بالإضافة إلى مواقف أخرى. فالتعميم التالي مثلا:

ا- جميع طلبة قسم الكيمياء لديهم دراجات.

يتضمن في

2- جميع طلبة كلية العلوم لديهم دراجات.

أو في

(2،) جمع الطلبة لديهم دراجات.

قاعدة (2،) يمكن استنتاجها بعد إعطاء أمثلة أخرى، مثلا

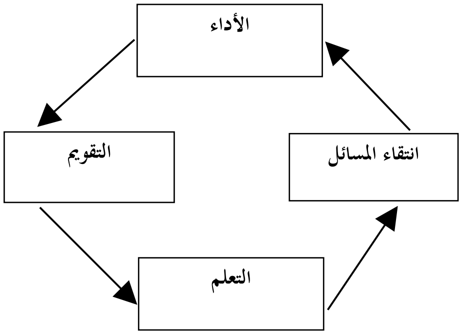
(ا،) جميع طلبة قسم الفيزياء لديهم دراجات.

(ا، ،) جميع طلبة الجامعة لديهم دراجات.

وهنا يتضح أنه لم يعد هناك حاجة للجزء الوصفي الذي يحدد الجماعة الجزئية من طلاب الجامعة (طلاب الكيمياء، طلاب العلوم.. الخ) ولهذا يمكن تجاهله.

ويمكن طبعا أن يكون التعميم خطأ، وبالإضافة إلى ذلك فإن هذه صورة مبسطة جدا للتعلم، فنحن قادرون على ممارسة صور أكثر تعقيدا من ذلك بكثير، لأنها لا تساعدنا في استنباط القواعد والقوانين الجديدة فحسب، بل تغير من البنية التي تمثل بها معرفتنا.

وهناك مخطط آخر للتعلم قدمه سميث Smith[9] وهو يعبر عن الناحية الوظيفية، وموضح بشكل 19-2، وقد استخدمه برنامج LEX لميتشيل[10]، ويتألف هذا البرنامج من أربعة مكونات: الانتقاء (للمسائل والأمثلة)، الأداء،



شكل 19 - 2 بناء التعلم في LEX (10)

التقويم، والتعلم.

الأداء هو البرنامج الذي نهدف لتحسين أدائه، ويمكن أن يكون برنامجا للعب إحدى اللعب، أو لتشخيص موقف ما، أو لوضع خطط عمل لمهمة ما ذات هدف محدد. والافتراض الأولي أن أداءه ليس جيدا، ويحتاج إلى تحسين. التقويم هو المكون الذي يقارن الأداء الفعلي بمستوى الأداء المتوقع، وتعتمد نوعية التعلم طبعا على دقة هذه المقارنة، وعلى ما إذا كان تم تحديد الأداء المتوقع بدقة ووضوح. ويعتمد التقويم في برنامج للتشخيص الطبي لمرض ما مثلا على ملاحظات عن فعالية العلاج وتقدم الحالة المرضية لحالات عديدة من المرضى الذين قد عولجوا من هذا المرض.

التعلم هو المكون الذي يستخدم نتائج المقارنة التي قام بها مكون التقويم لتحديد أي مكونات الأداء مسئولة عن النتائج غير المرضية، ولذلك تحتاج إلى تغيير، ويمكن أن تكون هذه من قاعدة المعرفة أو من مجموعة آليات الاستدلال المنطقي. ومن الطبيعي أن ينتج عن تحسين الأداء في جز ما من البرنامج أثر في تدهور أداء جزء آخر، ولهذا يتعين لمكون التعلم الجيد أن يستعرض في فترات مختلفة التعديلات التي أدخلها ليتأكد أن الأداء العام للبرنامج ككل يتجه إلى الأفضل.

الانتقاء عادة ما يتم خارج البرنامج، فاختيار الأمثلة يتم يدويا ثم تدخل إلى البرنامج بترتيب معين لتحقيق النتائج المثلى للتعلم، ولكن يمكن تصور

صيغة تسمح للبرنامج نفسه أن يقرر الترتيب الذي تعرض فيه الأمثلة لتحقيق الأداء المنشود. وسنتناول الآن قواعد التعميم الشائعة الاستخدام.

القواعد العامة للاستقراء

سنستخدم «&» للتعبير عن العلاقة المنطقية للوصل conjunction و « » : <<: لعلاقة التضمين للدلالة على العلاقة بين وصف المفهوم واسمه، وبذلك أ :<: ب تعني أم ب هو اسم المفهوم الذي تصفه أ .

استبدال الثوابت بالمتغير. توضح القاعدة الأولى تحقيق هدف تعريف مفهوم الفلوش في لعبة البوكر. إذا اعتبرنا و١- و5 ترمز لخمس أوراق، وعرفنا النقشة والرتبة كمحمولين في الصياغة التالية:

نقشة (و i، ب) تعني أن الورقة و**i**هي بستوني (نفس الشيء بالنسبة للقلوب Hearts والماسة Diamond والاسباتي Clubs).

رتبه (و i، 5) تعني أن الورقة و **i**هي خمسة) وكذلك (2- 10 ولد، شايب، بنت، آس).

وبإعطاء المثالين الآتيين:

مثال ١ : نقشة(و١ ،ب)& نقشة(و 2،ب)& نقشة(و 3،ب)& نقشة (و 4،ب)& نقشة(و5،ب)

:: > فلوش (و١ , و2, و3, و4, و5)

مثال 2: نقشة (و ١، س)& نقشة (و 2، س) & نقشة (و 3، س) & نقشة (و 4،س)& نقشة(و5، س)

:: > فلوش (و١ ,و 2, 3 و 4 و 5)

يمكن للبرنامج أن يستنتج القاعدة التالية:

قاعدة ١ : نقشة(و ١، x)& نقشة(و 2، x)& نقشة(و 3، x) نقشة (و x،4)& نقشة(و5، x)

:: > فلوش (و١ , و2, و3, و 4, و5)

باستبدال الثوابت ب وس بالمتغير x.

التغاضي عن الشروط.

من الطرق الأخرى للاستقراء التغاضي عن أحد الشروط المتضمنة في

القاعدة؛ وبذلك تصبح القاعدة الجديدة أكثر عمومية من القاعدة الأصلية لاتساع مجال تطبيقها. ويمكن اتباع هذه الاستراتيجية في المثال التالي بتجاهل كل الشروط الخاصة برتب أوراق اللعب. وباستخدام قاعدة استبدال الثوابت بالمتغير أيضا يمكن أن نحصل على الآتي:

مثال-3: نقشة (وأ وأو ب) & رتبة (وا، 2)&

نقشة(و 2،ب)& رتبة(و 2, 5)&

نقشة(و 3،ب)& رتبة(و 3, 7)&

نقشة(و 4،ب)& رتبة(و 4, 8) &

نقشة (و5، ب) & رتبة (وه أه شايب)

:: > فلوش (وا, و2, و3, و4, و5)

والتي يمكن أن تعمم لقاعدة-1 أيضا.

التعميم عن طريق الفصل disjunction.

والطريقة الثالثة هي إضافة اختيارات إلى القاعدة باستخدام أداة الفصل المنطقية «أو» آو والتي مثل الطريقة السابقة تجعل القاعدة أكثر عمومية. افرض أننا نريد تعليم فكرة HONOR في لعبة البريدج، فبإعطاء الأمثلة التالية:

مثال-4: رتبة (x، 10): : > HONOR (x)

مثال-5: رتبة (x، ولد): : > HONOR (x)

مثال-6: رتبة(x، بن): : > HONOR (X)

مثال-7: رتبة (x، شايب): : > HONOR (x)

مثال-8: رتبة (x، آس) HONOR (x)

يعطي التعميم باستخدام الفصل المنطقي القاعدة التالية:

قاعدة 2. رتبة (x، 10) أو رتبة (x، ولد) أو رتبة (x، بنت) أو رتبة (x، شايب) أو رتبة (x،آس).

(x) (HONOR)

وهذا التعميم في الواقع أقل مجازفة من التعميمات السابقة.

التعميم الكمي:

لنفترض أن لدينا فردين من مجموعة أفراد نقوم بدراستها، ووجدنا

أنهما يشتركان بخاصية ما بدرجات متفاوتة نرمز لهما ب أ، ب، فيكون افتراض وجود هذه الخاصية في جميع أفراد المجموعة بدرجات تتراوح بين أ و ب تعميم منطقي. ومن الواضح أن احتمال الخطأ يتضاءل كلما زادت الأمثلة.

التعميم بتتبع مسار الشجرة.

تحدد الشجرة في 19-3 هيئة الأشكال المسطحة، فإذا أعطينا المعلومات التالية:

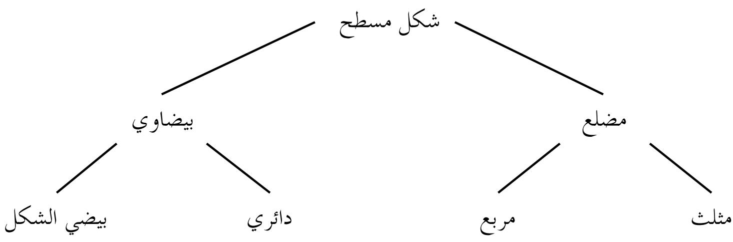
شكل (x، مستطيل): : > أزرق (x)

شكل (x، مثلث): : > أزرق (x)

فبتتبع مسارات الشجرة نتوصل إلى التعميم التالي:

شكل (x، مضلع): : > أزرق (x)

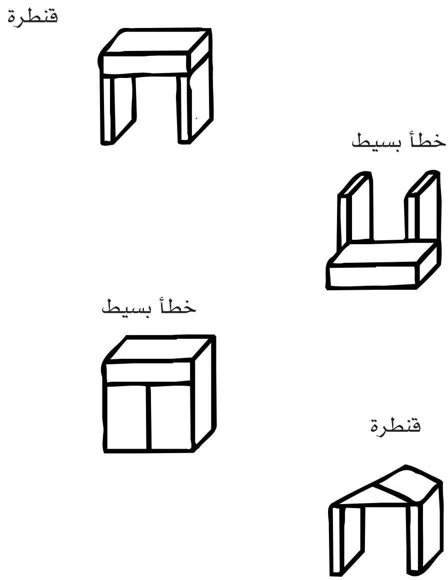
بمعنى أنه إذا عرفنا أن جميع أفراد مجموعة x الذين على شكل مثلث أو مستطيل ذوو لون أزرق. فإننا نستنتج أن كل الأشكال المضلعة من مجموعة x ذوو لون أزرق.



برنامج وينستون Winston program

من أمثلة برامج التعلم المعروفة ذلك البرنامج الذي كتبه باتريك وينستون[11] بعهد ماسوتشوستس للتقنية حيث يقوم البرنامج بتعليم مفهوم القنطرة ويوضح شكل 19-4 كيف يمكن أن تقود الأمثلة المتدرجة بعناية عملية التعلم. فتعطى الصورة الأولى المثال الصحيح للمفهوم المراد تعلمه، بينما تعطى الصورة الثانية مثالا للخطأ القريب near miss، هي فكرة هامة لوينستون لتبين خطأ في شرط واحد فقط من الشروط الأساسية للمفهوم،

وفي هذا المثال هو شرط أنه يجب أن تكون هناك كتلة أفقية ترتكز على الكتلتين الرأسيتين، والخطأ القريب في الصورة الثالثة هو أن الكتلتين الرأسيتين قد لامس كل منهما الآخر، وأخيرا تبين الصورة الرابعة أن المكون الأفقي لا يتحتم أن يكون مستطيلا، بل يمكن أن يكون في شكل منشور. ويعرف البرنامج كيف ينقح مفهومه الأولى لما يجب أن تكون عليه القنطرة وذلك بالاستبعاد التدريجي للملامح غير الأساسية في التعريف.



شكل 19-4 تعلم مفهوم «القنطرة».

تعلم التراكيب المجردة Learning abstract structures

يهدف برنامج ديتريش وميكاليسكي Dietrich and MichalsKi المعروف باسم INDUCE[12] لوصف المواقف والمفاهيم التي تتميز بأن لها بنية داخلية. ففي بعض الأشكال تدخل المكونات المختلفة في علافات فيما بينها يمكن أن توصف بكلمتي أعلى أو أسفل، وعلى البرنامج أن يجد أكثر الأوصاف تحديدا والتي يمكن أن تصلح كتعميم للأمثال التالية:

مثال-ا : O Ǝ كبير(u)& دائري (u)

O & كبير(v)& دائري(v)

& أعلى (u، v)

مثال-2: O Ǝ (w, x, y): صغير (w) & دائري (w)

□ & كبير (x) & مربع (x)

□ & كبير(y)& مربع (y)

& أعلى (w, x) & أعلى (x، y)

الرمز Ǝ معناه «يوجد».

ويولد البرنامج التراكيب التالية:

مثال-،ا : Ǝ(u، v): أعلى (u، v)

كمثال،2: Ǝ (w، x، y). أعلى (u، v) & أعلى (x،y)

ومنه نستنتج الشرط التالي شرط ت أعلى (u، v)، الذي يمثل أكثر التعميمات تحديدا بينما لا يتناقض مع الأمثلة المعطاة.

ويمكن أن يكون التمثيل بواسطة متجه تركيبي :syntactic vector > حجم (u)، شكل (u)،حجم (v)،شكل (v)<

والتي يمكن في ضوئها إعادة كتابة الأمثلة أعلاه بالشكل التالي:

مثال-، ا : (كبير، دائري، كبير، دائري)

مثال-،، 2: (صغير، دائري، كبير، مربع)

مثال-,,, 2: (كبير، مربع، كبير، مربع)

وبمقارنة مثال-، ، ا ومثال، ، 2 بمثالي، ، ا و,,, 2، يجد البرنامج المخصص لإيجاد التعميم الأدنى الوصف التالي:

(*، دائري، كبير،*) و (كبير، *، كبير، *)

حيث «*» تعني أن الصفة المقابلة لها غير مهمة.

وباستخدام العلاقة البنيوية نجد ما يلي:

شرط-ا : Ǝ(u، v): أعلى (u، v) & دائرى (u) & كبير (v)

شرط-2: Ǝ(u، v): أعلى (u، v) & كبير (u) & كبير (v)

ويعني هذا بكلمات أخرى: يوجد شيء ما كبير أعلى شيء ما كبير آخر ويوجد شيء دائري أعلى شيء كبير. ويمكن أن يعطي هذا إجابة جيدة لسؤال وضع كاختبار للملاحظة.

وهناك أعمال أخرى مشابهة قام بوصفها كودراتوف kodratoff[13].

برنامج AQ 11

نصف في هذا الجزء منهجا بديلا للطرق التقليدية لتكوين القواعد الإنتاجية بإجراء حوار مع الخبير البشري المتخصص في المجال. فعلى الرغم من اتخاذ الخبير البشري قرارات صحيحة في معظم الحالات، إلا أنه عادة ما يجد صعوبة في شرح الكيفية التي توصل بها لاتخاذ هذه القرارات، وكثيرا ما ينسى ذكر معايير معينة (التي أخذها في الاعتبار دون أن يعي)، كما أنه لا يعطي تقويما دقيقا لمدى قوة النتائج التي توصل إليها.

ويتمثل المنهج الجديد الذي نطرحه هنا في وضع المعلومات المتضمنة في الأمثلة المعروفة في شكل يمكن برامج التعلم من استخدامها. وأبسط طريقة لتحقيق ذلك هي صياغة الأمثلة بنفس الصورة التركيبية للقواعد التي سوف تكتشف.

وقد استحدث برنامج AQ11 بواسطة ريزارد ميكاليسكى RysZard Mi-chalski[14] بجامعة الينوي، وقد استخدم لتطوير قواعد تشخيص الأمراض التي تصيب نبات الصويا[15]. وتحتوي الأمثلة المعروفة على وصف 630 مرضا من أمراض النباتات، يعبر عنها كمجموعات زوجية من المعايير لم القيم/puameter value pairs والتشخيص المعروف، ويبلغ عدد الشخصيات المحتملة خمسة عشر وهناك 35 من المعايير التي يمكن لكل منها أن يتخذ قيمة تتراوح بين 2 ، 7 وكان عدد الأعراض الممكنة حوالي عشرة[15].

وهذا هو مثال لقاعدة أعطاها الخبير البشري:

إذا كانت أوراق النبات عادية & والساق غير عادية

& وعنق النبات به آفة

& والساق بها آفة، ولونها بني

إذن يكون جذر النبات قد تعفن لإصابته بفطر الأرومة وتحول خوارزمية البرنامج مشكلة اكتشاف القواعد التي تميز الحالات إلى مسألة تعلم سلسلة من المفاهيم. وهي في أول الأمر تنظر في جميع الأمثلة المؤيدة لتشخيص معين، ثم تضع وصفا عاما بدرجة كافية بحيث يتفق مع جميع الأمثلة دون استثناء. وتقوم بعد ذلك بتحديد هذا الوصف حتى يستبعد جميع الأمثلة

المعاكسة (أي جميع الأمثلة المؤيدة للتشخيصات الأخرى)، وهكذا تكرر العملية لكل تشخيص. ويختار البرنامج الأمثلة التي تختلف فيما بينها كثيرا داخل إطار العينة، لأنها أكثرها أهمية. وقد اختار البرنامج في حالتنا هذه عينة تضم 290 نبات لعملية التعلم، تاركا باقي النباتات ويبلغ عددها 340 لاستخدامهم في اختبار صحة القواعد المستمدة من العينة (295 نبات).

وتؤدي عملية التعلم هذه إلى بناء برنامج خبير؛ فلنسميه PL، ولنسمي البرنامج المماثل الذي يتبع الطريقة التقليدية في الحوار مع الخبير البشري PD. وفي حالة برنامج AQll اقترح الخبير البشري بعض الأوصاف التي تطلبت تفاصيل أكثر من تلك التي تطلبتها صيغة AQ11، مثل بعض القواعد التي تلعب فيها بعض الصفات دورا أساسيا، بينما تستخدم صفات أخرى لمجرد التأكيد. ورغم هذه المرونة الكبيرة، فقد وجد أن PD أقل كفاءة من PL، فقد كان يعطي PL التشخيص الصحيح في 6 , 97٪ من حالات الاختبار مقابل 8 , 71 ٪ لبرنامج PD. وعلاوة على ذلك أعطى PL 100٪ من الحالات التي قدم فيها قائمة قصيرة من التشخيصات المحتملة والتي كان من بينها التشخيص الصحيح مقابل 9 , 96 ٪ لبرنامج PD، في الوقت الذي كانت قائمة PLأقصر، وبالتالي يمكن استخدامه لأن نسبة الخطأ فيها أقل.

وليس لنا الحق في اعتبار نتائج هذه التجربة كبرهان على أن الأنظمة الخبيرة التي تبني بطريقة التعلم هذه تتفوق بانتظام على تلك التي تبنى بإجراء الحوار مع الخبير البشري. فقد كان هناك تطابق في البرنامج الذي ناقشناه بين الأعراض والتشخيص. وستعمل برامج التعلم بكفاءة أقل في الأحيان التي تتطلب استخدام نتائج وسيطة intermediate conclusions أو الاستراتيجيات التي تعتمد على النتائج. كما أن الصور التركيبية التي يولدها البرنامج محدودة المجال، بينما يستخدم الخبير البشري صورا أخرى للاستدلال بالإضافة إلى القواعد الإنتاجية، بل يستخدم عدة أشكال في استخدامه للقواعد الإنتاجية؟ بعضها يؤدي إلى التشخيصات المحتملة، وبعضها يساعد في التأكد من التشخيص الصحيح. ومن الصعب تحقيق هذا التمييز بواسطة برنامج التعلم.

وقد حملت بعض القواعد التي يولدهاPL بصور منطقية أكثر من اللازم، ويمكن تبسيطها، إلا إذ البرنامج ليس لديه المعرفة البديهية التي تمكنه من

تبسيطها. ومع هذا، فإن الإنجاز مدهش، ويمكن استخدام التقنية في مجالات أخرى مشابهة. وقد استحسن الخبراء معظم قواعد البرنامج. وبشكل عام يبدو أنه يجب النظر إلى طرق التعلم كأداة تعاون الخبير في وضع قواعده، وكطريقة جديدة للتعاون بين عالم المعلومات والخبير البشري في المجال.

برنامج AM

كتب هذا البرنامج دوجلاس لينات Douglas Lenat[16] بجامعة ستانفورد، وهو نموذج مدهش لبرنامج قادر على توليد المفاهيم باستخدام الحجة المعرفية المماثلة لتلك المستخدمة في برامج التعلم. وليس AM برنامجا للتعلم بالمعنى السابق تعريفه لأنه لا يستخدم المعرفة الجديدة لتحسين أدائه، ولكنه يعدل أنشطته في ضوء اكتشافاته. وقد أضفناه هنا لتوافر جميع إمكانات برامج التعلم فيه.

ويبدأ برنامج AM بقاعدة معرفة تتضمن 115 من مفاهيم نظرية المجموعات في شكل كيانات هيكلية stmctured objects (انظر الفصل الثالث عشر)، بالإضافة إلى عدد من الحجج المعرفية في شكل قواعد إنتاجية، والتي بتطبيقها على الكيانات الأولية يمكن أن تولد أخرى جديدة.

الكيانات في AM

يتميز كل كيان بمجموعة قياسية standud من الخصائص ؟ وهي التعريف، الأمثلة والأمثلة المعاكسة، العموميات، والخصوصيات. وهناك أيضا قيمة، وهي رقم يرمز لدرجة الأهمية للمفهوم.

انظر المثال التالي لكيان «الأعداد الأولية prime numbers>:

الاسم: الأعداد الأولية

التعريف:

الأصل: عدد من القواسم divisors (x)=2

حساب المحمول: اولي (x) = (∀ y) (y I x) <= y = I أو y = x

أمثلة: 2، 3، 5، 7، 11، 13، 23

العموميات: أعداد صحيحة

أعداد صحيحة لها رقم زوجي من القواسم
الخصوصيات: أعداد صحيحة زوجية
أعداد صحيحة فردية
أزواج من الأعداد الصحيحة
القيمة: 800 (انظر حم 2 أدناه)

ويستخدم برنامج AMالأربع قواعد من الحجج المعرفية (حم) التالية كثيرا، وهي تساعدنا على أن نرى بالضبط كيف يسير البرنامج لإيجاد مفاهيم جديدة.

حم-1: إذا كانت الخصوصيات لمفهوم (م) ما قد تم توليدها، وإذا كانت المهمة الحالية هي إيجاد أمثلة لكل من هذه الخصوصيات.

إذن قد تكون الأمثلة المعروفة للمفهوم (م) هي أيضا أمثلة لبعض المفاهيم الخصوصية الجديدة.

حم-2: إذا وجد أن جمع الأمثلة للمفهوم (م) هي أمثلة لمفهوم آخر (م 1)، وإذا لم يكن معروفا بعد أن (م) هو تخصص (م 1).

إذن افترض أن (م) هو تخصص ل (م أ)، وقم بزيادة قيمة المفهومين.

حم-3. إذا انضوت جميع الأمثلة لمفهوم ما في مجال وظيفة function نادرة الاستخدام.

إذن احسب صورة هذه العناصر تحت هذه الوظيفة وادرس المجموعة الناتجة كمفهوم مستقل.

حم-4: إذا وجد أن لمفهوم ما أمثلة قليلة جدا.

إذن حاول أن تجد السبب، واعتبر أن المفهوم قليل الأهمية.

وإذا قمنا بتطبيق الحجة المعرفية حم-1 على الأرقام من1- 1000 وعلى مفهوم عدد القواسم المحدد، تكون النتيجة كما يلي:

قاسم صفر = أعداد بصفر من القواسم: لا أحد
قاسم 1- أعداد بقاسم واحد: 1
قاسم 2= أعداد بعدد 2 من القواسم 2, 3, 5, 7, 11, 13،.. .. ..
قاسم 3 = أعداد لها 3 قواسم: 4, 9, ،25, ،49, 121, 169، .. ..

وطبقا لحم 4 فإن المجموعات الصغيرة جدا ليس لها أهمية، وعلى هذا قاسم صفر وقاسم 1 يمكن أن يستبعدا. ولا تنطبق أي حم على قاسم 2،

ولكن قاسم 3 لها جذور تامة، وحم 3 تومي بالنظر في جذورهم التربيعية، والتي هي مجموعة قاسم 2: الأعداد الأولية. وطبقا لحم 2 يجب زيادة قيمة كل منهما.

وهكذا يولد AM مفاهيم جديدة بتطبيق الحجج المعرفية على المفاهيم الموجودة، ولكنه لا يستطيع بالطبع أن يخلق حججا معرفية جديدة، الأمر الذي يعتبر نقصا خطيرا من وجهة نظر برامج التعلم.

فالتعليم يتطلب مستوى أعلى من المستوى الإجرائي، وتتطلب القدرة على اكتشاف الحجج المعرفية الجديدة وجود «ميتا حجج معرفية» metaheuristics التي بدورها تتطلب «ميتا ميتا حجج معرفية».. وهكذا.

برنامج 3- BACON

يهدف برنامج 3- BACON إلى (إعادة) اكتشاف القوانين الأمبيريقية، وعلى الأخص قوانين الطبيعة مثل قوانين الغاز التام perfect gas laws، قانون كولومب coulomb's law ص وقانون أوم Ohm' s law, وقانون جاليليو، باستخدام الحجج المعرفية لاكتشاف الأنساق والانتظام في البيانات المعطاة له، وعلى ضوء ذلك يكون الافتراضات التي يسعى لاختبار صحتها بعد ذلك.

ومن الحجج المعرفية المفيدة في اكتشاف العلاقات بين متغيرين عددين التالي:

إذا ازدادت قيمة متغير ما م-1 كلما ازدادت قيمة متغير آخر م-2.

إذن افترض علاقة اطرادية متزايدة بين م-1 وم-2 حسب درجة الميل.

وبإعطاء البرنامج البيانات في جدول 19- 5، يكتشف البرنامج قانون الغاز PV=nRT

يتوصل البرنامج إلى ذلك على مراحل. أولا يكتشف أن p (الضغط) يزداد كلما ازداد V (الحجم) مما يجعله ينظر في حاصل ضرب الضغط في الحجم PV ؛ إلا أنه يجد أن هذا ليس ثابتا. ولكنه يحتفظ بنفس القيمة عندما تبقي T (درجة الحرارة) ثابتة. وحيث أنه وجد أن PV تزداد كلما ازدادت الحرارة، ينظر البرنامج في احتمال PV/T، والتي تظهر قيمتها في جدول 19-6. والملاحظة الثانية هي أن هذه الكمية الأخيرة تتزايد مع أعداد جزيئات moles'n، الغاز، مما يدعو للنظر في حاصل قسمة جديدة PV/nT،

ويتضح أنها كما هو واضح من جدول ١٩- 7 ثابتة. وأثناء عمل البرنامج يقوم بالنظر في احتمالات أخرى إلا أنه يجد أنها لا تؤدي إلى نتائج هامة.

Moles	Temperature	Pressure	Volume	PV
1	300	300 000	0.008 320 0	2 496.0
1	300	400 000	0.006 240 0	2 496.0
1	300	500 000	0.004 992 0	2 496.0
1	310	300 000	0.008 597 3	2 579.2
1	310	400 000	0.006 448 0	2 579.2
1	310	500 000	0.005 158 4	2 579.2
1	320	300 000	0.008 874 7	2 662.4
1	320	400 000	0.006 656 0	2 662.4
1	320	500 000	0.005 324 8	2 662.4

جدول 19-5 بيانات متوافقة مع قوانين الغاز التام

Moles	Temperature	PV	PV/T
1	300	2.496 0	8.32
1	310	2 579.2	8.32
1	320	2 662.4	8.32
2	300	4 992.0	16.64
2	310	5 158.4	16.64
2	320	5 324.8	16.64
3	300	7 488.0	24.96
3	310	7 737.6	24.96
3	320	7 987.2	24.96

جدول 19-6 القيم الناتجة من جدول 19-5 بعد اعتبار أن PV/T يمكن أن تكون كمية مهمة

Moles	PV/T	PV/NT
1	8.32	8.32
2	16.64	8.32
3	24.96	8.32

جدول 19-7 القيم الناتجة من جدول 19-6 بعد اعتبار أن PV/NT

(حيث N عدد الـــmoles في الغاز) يمكن أن تكون كمية مهمة

الخاتمة

مازالت طرق التعلم المستخدمة حتى الآن متخصصة جدا، لأنها إما

مقصورة على مجالات ضيقة، أو لأنها تعتمد على بنية معرفية محدودة بأنماط تركيبية جامدة؛ بينما في المقابل تختلف طرق وأساليب التعلم الإنسانية باختلاف الموضوع، ويمكن أن تعمل في ميادين مختلفة تماما. وقليل جدا من البرامج الموجودة لها قدرات تعليمية حقيقية، فلا تزداد المعرفة المخزنة بها إلا بعد التدخل البشري أثر تقويم أدائها. وسيصبح ذلك أكثر صعوبة في المستقبل، عند تطوير برامج بها ملايين عديدة من القواعد. إن برامج التعلم أمامها في الواقع مستقبل عظيم.

المراجع

(1) Samuel A. U. (1963), Some studies in machine learning using the game of checkers,in Computers and thought, Feigenbaum and Feld man (eds.), New York, McGrow-Hill, pp. 7 1- 105.

(2) Waterman D. A. (1970), Generalization learning techniques for au tomating the learning of heuristics,Journal of Artificial Intelligence l,pp. 121- 170.

(3) Selfridge 0. G., Neisser U. (1963), Pattern recognition by ma chine,in Computers and thought, Feigenbaum and Feldman (eds.), New York, McGrow-Hill, pp. 237- 256.

(4) Rosenblatt, F. (1958), The perceptron: a theory of statistical sep arability in cognitive systemsTechnical Report VG-l l96- G-2, Cornell aeronautical lab.

(5) Simon H. (1983), Why should machines learn,in Machine learn ing, an artificial intelligence approach, Michalski, Carbonell (eds.), Palo Alto, California, Tioga Publishing Company.

(6) Feigenbaum E.A. (1963), The simulation of verbal learning be haviour,in Computers and thought, Feigenbaum and Feldman (eds.), New York, McGrow-Hill,x pp. 228- 284.

(7) Michalski R. S., Carbonell J. G., Mitchell T. M. (1983) eds., Ma chine learning, an artificial intelligence approach, Palo Alto, Cal ifornia, Tioga Publishing Company.

(8) Smith H.A., Lea G. (1974), Problem solving and rule induction: a unified view, in L. Gregg (ed.), Knowledge and acquisition, Hillsdale, N.J. Lawrence Erlbaum.

(9) Simon R.G., Mitchell T. M., Chestek R. A., Buchanan B. G. (1977), A model for learning systems Stanford Heuristic Pro gramming Project Memo HPP-77- 14.

(10) Mitchell T.M. (1983), Learning and problem solving IJCAI-1983, pp. 1139_ 1151.

(11) Winston P. H. (1975), Learning structural descriptions from ex amples, in The psychology of computer vision, P. Winston (ed. 0), New York, McGrow-Hill.

(12) Dietrich T. G., Michalski R.S. (1981), Inductive learning of struc tural descriptions: Evaluation criteria and comparative review of se lected methods,Artificial intelligence 16, pp. 257- 294.

(13) Kodratoff Y., Sallantin J. (1983) eds., Outils pour lappreissage, Publication du GR 22, Journees dOrsay, January 1983).

(14) Michalski R.S., and Larson J.B. (1978) Selection of most repre sentative training examples and incremental generation of VU hu potheses: The underlying methodology and the description of pro grams ESEL and AQ1I, Rep. No. 867, Computer Science Department, University of Illinois, Urbana.

(15) Michalski R. S., and Chilauski R. L. Learning by being told and learning from examples: An experimental comparison of the two methods of knowledge acquisition in the context of developing an ex pert system for soybean disease diagnostic,International Journal of Policy Analysis and Information System 4, pp. 125- 161.

(16) Lenat D. B. (1977), The ubiquity of discovery,Artificial In telligence, Vol. 9, 3.

(17) Langley P. (1981), Data-driven discovery of physical laws, Cognitive Science 5, pp. 31- 54.

20 الوعد والأداء

نهدف في هذا الفصل الأخير إلى إعطاء فكرة عما يمكن توقعه من تطبيقات ناجحة للذكاء الاصطناعي في المستقبل القريب، وعن الموضوعات التي من المحتمل أن تظل لسنوات عديدة قادمة مجالا للبحث. وقد أظهرت محاولات التنبؤ المماثلة في معظم الميادين إلى أخطاء فادحة في تقدير ما يمكن توقعه على المدى القصير، ولا شك أن محاولتنا هنا عرضة لنفس الخطأ، إلا أن النتائج تشير إلى اتفاق تقديراتنا بشكل عام مع التقديرات الأخير للباحثين الأمريكيين[1] والأوروبيين[2,3] في استجابتهم للإعلان عن المشروع الياباني لحاسبات الجيل الخامس. وقد تأكدت تقديراتنا بالنسبة إلى موضوعين وضع عليهما التركيز الرئيسي في هذا الكتاب وهما معالجة اللغات الطبيعية والنظم الخبيرة. وقد اصطدمت محاولة جعل الحاسب يفهم فهما تاما نصوصا غير محدودة من اللغات الطبيعية بعقبات عنيدة في ظل الحالة الراهنة للتقنية في هذا المجال. ويضطر مصممو برامج معالجة اللغات الطبيعية اليوم إلى أن يقيموا برامجهم على افتراضات مبسطة وذلك لأن هذه البرامج لا تتصل بالعالم الحقيقي الخارجي. فهي

لا تستطيع أن ترى المتكلم أو أن تعرف ما يكفي عن البيئة الطبيعية بحيث تميز بين الأصوات اللغوية والضوضاء التي قد تصاحبها. وتشمل مثل هذه الافتراضات أن الكلام الذي يحلله البرنامج مكون من كلمات منفصلة (أي أن المتكلم يتوقف بعد كل كلمة قبل أن يقول الكلمة التالية)، وأن تكون التراكيب والمفردات محدودة، ويكون عدد المتكلمين محدودا للغاية، وعادة ما يكون شخصا واحدا.

وتقتصر البرامج التجارية الحالية على متحدث واحد ومئات قليلة من الكلمات، التي يجب إن تصاحبها وقفة قصيرة بعد كل واحدة، وهناك أيضا برامج للتحكم في الإنسان الآلي عن طريق توجيه الأوامر المنطوقة إليه. أما البرامج المتقدمة مثل برنامج شركة الآي ب م والذي يستطيع فهم عدة آلاف من الكلمات، لا تستطيع العمل في المواقف العملية لأنها بطيئة جدا، فهي تعتمد على حساب احتمالات تتابع كلمات معينة بعد أخرى معينة، وهذه طريقة لا يستخدمها السامع البشري.

لذلك يبقى فهم الكلام خارج نطاق محدود جدا هدفا بعيدا الأمد. وسيعتمد التقدم فيه على نتائج أبحاث فهم اللغة المكتوبة (أي اللغة التي أدخلت إلى الحاسب عن طريق لوحة المفاتيح)، والتي قطعت شوطا كبيرا لأنها لم تعان، كما يحدث في حالة الكلام، من فقدان المعلومات نتيجة للتفسير غير الكامل للرسالة اللغوية. ويستحيل عادة استرجاع المعلومات التي فقدت بهذه الطريقة، حتى بمساعدة المعرفة على المستوى الدلالي أو المقامي pragmatic. وسيعتمد التقدم على المدى القصير في هذا المجال على استخدام رقاقات Chips متخصصة للقيام بمهام خاصة، وبها يمكن أن يستمر التحليل على مستويات مختلفة بشكل متواز في آن واحد، متناولا مثلا اختيار الكلمات والتركيب وأوجه المعاني والمقام، ويساهم كل منها في برنامج لحل أي تضارب فيما بينها وللتوصل إلى التفسير الأكثر احتمالا.

وسيغمر الأسواق في السنوات القليلة القادمة العديد من البرامج لاستخراج المعلومات من قواعد البيانات بالرد على استفسارات باللغات الطبيعية، وسيستمر البحث بهدف بناء برامج أكثر ذكاء وأكثر كفاءة في التعاون مع المستخدم، آخذة في الاعتبار القواعد العامة للحوار، ودوافع وطبيعة المستخدم. وبهذا تستطيع الآلة أن تنوع طبيعة إجابتها وفقا لما

تعرفه عن المستخدم. والأكثر من هذا، لن تقتصر الآلة على استخراج المعلومات من قاعدة المعرفة المخزنة بها حول موضوع الاستفسار، بل سيكون لها «الحصافة والبديهة» لتساعدها على التفكير العام جيدا، وبذلك تبدي سلوكا أكثر ذكاء، ولكن سيكون ذلك على المدى البعيد جدا.

ومازال فهم وتوليد الوثائق في مراحله الأولى، ويتطلب تمحيص وفحص الوثائق، بطبيعته، عددا غير محدود من المفردات، ولا تستطيع الطرق الحالية أن تفعل أكثر من التعرف على الكلمات المفتاحية key words. ويجب أن تتمكن الآلة-مع إحراز التقدم في المستقبل في فهم اللغات الطبيعية-من إحراز ما يود المستخدم معرفته بالضبط، وأن تجد المراجع المناسبة، بدلا من إعطائه قائمة طويلة من الاحتمالات والتي عليه أن ينظر فيها ويختار ما يناسبه. ومن المحتمل أن يصبح الإنتاج الآلي أو شبه الآلي للوثائق المتخصصة جدا مثل كتيبات manuals الإصلاح والصيانة ممكنا في السنوات الخمس القادمة.

لقد أثبتت النظم الخبيرة بالفعل نجاحها، على كل من المستوى التقني وكوعاء للمعرفة. وستحل في المستقبل محل كثير من البرامج الإجرائية التقليدية التي أصبحت من الضخامة بحيث يستحيل تجديدها أو تطويرها. ومن المحتمل بناء كثير من النظم الصغيرة التي تحتوي على بضع مئات من القواعد للمساعدة في بعض المسائل المتخصصة جدا والتي يوجد لها خبراء بشريون إلا أنهم غير متاحين بسهولة. وفي بعض الأحيان تكون الخبرة الحيوية لبعض الشركات والمؤسسات قاصرة على حفنة صغيرة من الخبراء البشريين، ويسبب وفاة أو رحيل أحدهم عن المؤسسة خسارة فادحة، وهنا يكون من الأهمية على المستوى الاقتصادي والعلمي حفظ مثل هذه الخبرة في شكل برامج متاحة بسهولة وعلى نطاق واسع. وبالإضافة إلى كونها تشكل درع الأمان للمؤسسة، فإنه يمكن دائما تطويرها وتجديدها كلما استجد جديد وتوافرت معلومات جديدة في مجالها. ويمكن توقع تقدم في الميادين التالية: البنوك لتقدير المخاطرة ومسائل الإفلاس، الاستشارات الاستثمارية، التأمين لتقديم مجموعة الخبرات اللازمة لتقدير أقساط التأمين، المسائل الإدارية والقانونية، لتقديم المشورة والعون في أمور بيع العقارات والميراث. وسيختلف مستوى الخبرة باختلاف المستخدمين فقد

يكونوا من المحترفين الذين يفهمون المصطلحات الفنية أو من الجمهور العام الذين يستخدمون ببساطة حاسباتهم الشخصية من منازلهم. كما سيكون هناك برامج للمساعدة في حالة الكوارث الطبيعية كالفيضانات، وهبوط الأرض، وثورات البراكين، والزلازل والحرائق.. . حيث يمكن للنظم الخبيرة التحكم في الموقف وإبداء النصيحة بالتعاون فيما بينهم والعمل بشكل متواصل دون كلل لتنظيم إجراءات الإنقاذ.

وسيستمر البحث بهدف بناء برامج تحتوي على عشرات الألوف من القواعد. وسيتطلب ذلك تطوير أساليب بناء جديدة ,architecture وخاصة المعالجة المتوازية حيث تصبح ضرورية سواء بالنسبة للعتاد hardware أو البرامج software. وسيكون لهذه البرامج مستويات عديدة من المعرفة، حيث يمكن للمستويات العليا أن تستخدم المستويات الدنيا بذكاء، فإذا سئل برنامج عن رقم تليفون لشخص ما متوفى. فإنه ليس من الضروري أن يبحث في قاعدة البيانات لديه لمعرفة ما إذا كان لديه الرقم.

وسترتبط نظم خبيرة مختلفة تتعلق بنفس الموضوع بشبكة اتصال واسعة بحيث تسمح لأي منها بتحويل الاستفسار الموجه إليها إلى إحدى النظم الأخرى إذا اعتبرت الثاني أقدر على الإجابة على هذا السؤال بالذات، ويكون الأثر هكذا في الاستفسارات الطبية مثلا، وبالنسبة للزراعة يمكن بناء برامج متخصصة على أساس إقليمي.

وستجعل النظم الخبيرة نقل المعرفة بين الميادين المختلفة أكثر سهولة، كما تسهل عملية التحقق من مواد المعرفة وطرق الاستدلال التي يستخدمونها، كما تستخدم كأساس للنقاش بين الخبراء من نفس المجال أو من مجالات مختلفة الذين قد لا يتبعون نفس الطرق في حل المسائل. وتستطيع هذه النظم توضيح خطوات حل المسائل للطالب بدلا من مجرد عرض النص على الشاشة كما هو متبع في برامج التعلم بمساعدة الحاسب الحالية. وفي الحقيقة إذا لم نستخدم إمكانات الحاسب في الاستدلال والتفاعل، فإنه قد يكون من الأفضل لنا استخدام وسيلة التعلم التقليدية وهي الكتاب.

وما تزال الطرق المستخدمة اليوم لتمثيل المعرفة مقصورة على أنواع معينة من المهام، وأكثر ما فهمنا من المشاكل هي تلك المتعلقة بالتشخيص الطبي، وتنطوي عادة على إيجاد افتراض (الذي يسمي تشخيص) بحيث

يفسر بطريقة منتظمة وثابتة مجموعة من البيانات. ولازال أمامنا شوط طويل قبل التوصل لحلول مرضية لمسائل التكهنات prognosis أو بناء كيانات هيكلية معقدة، خاصة عندما لا يمكن التعبير عن المعايير المميزة بالأسلوب التقني مثل المعايير الجمالية أو الفنية، وفي بعض المسائل تعطى أنواع من المعلومات كالمتعلقة بالزمن والمكان بطريقة عشوائية ولا يمكن التعميم بها بسهولة. ويجب أن نمثل المعرفة المكانية في الآلة-في حدود إمكاناتنا الحالية-بصورة واضحة تعوض الآلة عن إدراكنا الفيزيقي بالمكان. ولا نتوقع أن نتمكن في السنوات الخمس القادمة من ربط إدراكنا السمعي أو المرئي بالنظم الخبيرة على مستوى عال.

وسيستمر الباحثون في تطوير أدوات بناء النظم الخبيرة وستساعد هذه في معالجة أنواع جديدة من المسائل، وعلى الاستفادة من معرفة ومعلومات في مجالات عديدة على أن تكون المعرفة في كل ميدان مصاغة بتركيب syntax مماثل، وأن تكون أهداف المعرفة واحدة.

وتؤدي العلاقة الرمزية مع أبحاث فهم اللغات الطبيعية إلى نظم سهلة الاستعمال ومتاحة لغير علماء المعلومات، وستستحدث برامج متخصصة للقيام بالمهمة المتخصصة وهي استخلاص المعرفة الأساسية-من بين المواد المحيطة-ويستخدم هذه البرامج عالم المعرفة لتسهيل مهمته لمساعدة الخبير البشري في استخراج كامل معرفته وخبرته وأن يبينها بالصورة التي تمكن آليات الاستدلال من الاستفادة منها.

ويستمر علماء المعلومات اليوم في تطوير قواعد المعرفة في برامجهم باليد لعدم وجود طريقة أفضل، ويسمح بذلك صغر حجم البرامج الحالية، ولكن ماذا سيحدث عندما يصل حجم القواعد في برامجهم إلى أكثر من مليون قاعدة ومفهوم؟ على البرامج التي على هذه الدرجة من الضخامة أن تتعلم من الخبرة، وأن تطور نفسها باستخدام قواعد بسيطة يضيفها الخبير الإنساني لتقويم أدائها. فهي أولا ستصبح قادرة على تحسين قواعد معرفتها، ثم تطور بعد ذلك آليات استخدام هذه القواعد أي استراتيجياتها العليا.

وسيفقد النقد الشائع القائل بأن الحاسبات لا تستطيع أن تفعل إلا ما يأمرها به الإنسان مشروعيته أكثر فأكثر.

المراجع

(1) Feigenbaum, E.A., A., McCorduck, P. (1983). The Fifth Genera tion, Reading, Mass. addison-Wesley (London, Pan Books 1984).

(2) Project ESPRIT (1983), Report of the EEC, Brussels.

(3) English, M. (1983). The European IT-Industry, Report of the EEC, Brussels.

المترجم في سطور:

د. علي صبري فرغلي

* ولد في الإسكندرية بجمهورية مصر العربية عام 1938.

* حصل على دكتوراه الفلسفة في علم اللغة من جامعة تكساس بأوستن بالولايات المتحدة عام 1981.

* عمل في جامعة الإسكندرية من 1981 حتى 1983.

* عمل في مؤسسة أومنيترانس للترجمة الآلية بكاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية من1983 حتى نهاية 1984.

* شغل منصب مدير مساعد للشئون الأكاديمية بمركز اللغات بجامعة الكويت ثم عمل مدرسا لعلم اللغة بقسم اللغة الإنجليزية بكلية الآداب بجامعة الكويت حتى عام 1989.

* يشغل منذ سبتمبر 1989 وظيفة أستاذ مشارك لعلم اللغة بالجامعة الأمريكية بالقاهرة.

* له أبحاث عديدة منشورة باللغتين الإنجليزية والعربية في الذكاء الاصطناعي، الترجمة الآلية وتدريس اللغات باستخدام الحاسوب.



المعتقدات الدينية
بين شعوب العالم

أشرف على التحرير: جوفري بارندر

ترجمة: أ. د/إمام عبد الفتاح إمام

مراجعة: أ. د/عبد الغفار مكاوي

هذا الكتاب

يقدم هذا الكتاب للقارئ العربي علم الذكاء الاصطناعي، وهو علم حديث اكتسب أهمية بالغة في السنوات الأخيرة لتطبيقاته العديدة في مجالات حيوية كالدفاع والاستخبارات والحاسوب والترجمة الآلية وغيرها. ويتميز علم الذكاء الاصطناعي بأنه علم تعددي، يشارك فيه علماء الحاسب الآلي والرياضيات وعلم النفس وعالم اللغة والفلسفة. ويعطي هذا الكتاب فكرة علمية دقيقة عن تقنية الذكاء الاصطناعي وإمكاناته وإشكالاته، وهو ينهج نهجا علميا موضوعيا بعيدا عن المبالغات والانبهار. وهو أول كتاب عن هذا العلم في المكتبة العربية. ويركز الكتاب على عدة محاور رئيسة من محاور الذكاء الاصطناعي وهي معالجة اللغات الطبيعية، والنظم الخبيرة وتمثيل المعرفة كما يفرد فصلا كاملا عن استخدام تقنية الذكاء الاصطناعي في البرامج التعليمية التي يستخدمها الحاسب الآلي. وتعتبر هذه المحاور من أهم جوانب البحث في الذكاء الاصطناعي إلا أنه يجب الإشارة إلى أن هناك محاور أخرى لم يتناولها الكتاب مثل تحليل وتخليق الكلام وتحليل الأشكال المرئية وغيرها، إلا أن الكتاب يغطي الجوانب الأساسية لهذا العلم الجديد ويتميز بالعرض العلمي السليم، ورغم توجهه للقارئ العادي إلا أنه لا يلجأ للتبسيط المخل، ونأمل أن يكون هذا الكتاب باكورة أعمال عديدة باللغة العربية في مجالات البحث الهامة للذكاء الاصطناعي.